

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001 年 11 月 1 日 (01.11.2001)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/82323 A1

(51) 国際特許分類: H01H 59/00, H01P  
1/10, B81B 3/00, B81C 3/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/03486

(22) 国際出願日: 2001 年 4 月 23 日 (23.04.2001)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2000-121549 2000 年 4 月 21 日 (21.04.2000) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): オムロン株式会社 (OMRON CORPORATION) [JP/JP]; 〒600-8530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入 南不動堂町801番地 Kyoto (JP).

Mitsuru) [JP/JP]. 坂田 稔 (SAKATA, Minoru) [JP/JP]. 積 知範 (SEKI, Tomonori) [JP/JP]. 佐藤正武 (SATO, Shobu) [JP/JP]; 〒600-8530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入 南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 中野雅房 (NAKANO, Masayoshi); 〒540-0039 大阪府大阪市中央区東高麗橋4-3 日宝平野町ビル4F Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

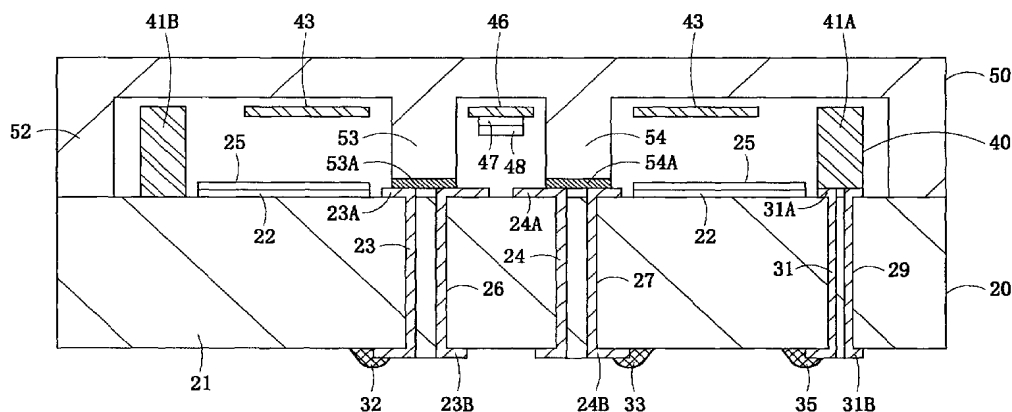
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 藤井 充 (FUJII,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: STATIC RELAY AND COMMUNICATION DEVICE USING STATIC RELAY

(54) 発明の名称: 静電型リレー及び当該リレーを用いた通信用機器



(57) Abstract: A silicon substrate (21) has fixed contacts (23A, 24A) on its upper surface. Signal lines (23, 24) connected electrically with the fixed contacts (23A, 24A) pass through the silicon substrate (21) from the front to the back. Bumps (32, 33) connected electrically with the signal line (23, 24) are formed on the back of the silicon substrate (21). A fixed electrode (22) is provided on each side of the fixed contact (23A, 24A). Wiring conductors (30, 31) connected electrically with the fixed electrode (22) pass through the silicon substrate (21) from the front to the back. Bumps (34, 35) connected electrically with the wiring conductors (30, 31) are provided on the back of the silicon substrate (21). The holes (26, 27) in the silicon substrate (21) through which the signal lines (23, 24) pass are sealed with a movable substrate (40) or a cap (50), and the holes (28, 29) in the silicon substrate (21) through which the wiring conductors (30, 31) pass are also sealed with a movable substrate (40) or a cap (50).

[続葉有]



WO 01/82323 A1



---

(57) 要約:

シリコン基板（２１）の上面には固定接点（２３Ａ、２４Ａ）が設けられており、固定接点（２３Ａ、２４Ａ）と導通した信号線（２３、２４）はＳｉ基板（２１）を表面から裏面へ貫通して設けられており、シリコン基板（２１）の裏面には、信号線（２３、２４）と導通したバンプ（３２、３３）が設けられている。固定接点（２３Ａ、２４Ａ）の両側には固定電極（２２）が設けられており、固定電極（２２）と導通した配線（３０、３１）はＳｉ基板（２１）を表面から裏面へ貫通して設けられており、シリコン基板（２１）の裏面には、配線（３０、３１）と導通したバンプ（３４、３５）が設けられている。信号線（２３、２４）を貫通させたシリコン基板（２１）のスルーホール（２６、２７）と、配線（３０、３１）を貫通させたシリコン基板（２１）のスルーホール（２８、２９）は、可動基板（４０）又はキャップ（５０）によって密閉封止されている。

## 明 細 書

静電型リレー及び当該リレーを用いた通信用機器

### 技 術 分 野

本発明は、静電引力により可動接点を駆動して接点間を開閉する静電型リレー及び当該リレーを用いた通信用機器に関する。特に、マイクロマシニング技術を利用して製作される小型の静電マイクロリレーに関するものである。

### 背 景 技 術

静電マイクロリレーとしては、"Micro Machined Relay for High Frequency" (Y. Komura, et al.) という論文に掲載されたものが従来より知られている。図 1 は、この静電マイクロリレーの構造を表した分解斜視図である。また、図 2 の断面図は、この構造を模式的に表したものである。この静電マイクロリレーは、大きくは固定基板 1 と可動基板 2 とに分けられる。固定基板 1 においては、基板 3 上に 2 本の信号線 5、6 が形成され、各信号線 5、6 の端部が小さな隙間を隔てて対向していて、それぞれ固定接点 5 S、6 S となっている。また、両信号線 5、6 の両側にはそれぞれ固定電極 4 A、4 B が設けられている。可動基板 2 は、ほぼ中央に形成され

た可動接点 11 の両側に弾性支持部 10A、10B を介して可動電極 9A、9B が形成されており、各可動電極 9A、9B には弾性屈曲部 8A、8B を介してアンカー 7A、7B が設けられている。可動基板 2 は、アンカー 7A、7B を固定基板 1 上に固定することによって固定基板 1 の上方で弾性的に支持されており、可動電極 9A、9B が固定電極 4A、4B と対向し、また可動接点 11 が両固定接点 5S、6S 間を跨ぐようにして対向している。

この静電マイクロリレーでは、固定電極 4A、4B と可動電極 9A、9B の間に電圧を印加して静電引力を発生させ、可動基板 2 を固定基板 1 側に吸引することにより、可動接点 11 を両固定接点 5S、6S に接触させて固定接点 5S、6S 間を閉成し、2 本の信号線 5、6 を電氣的に接続するようになっている。そして、電圧を除去して静電引力を消失させることにより、可動電極 9A、9B を弾性力により元の形状に復帰させて両固定電極 4A、4B から離間させ、信号線 5、6 を電氣的に遮断するようになっている。

リレーの重要な特性の一つとして、挿入損失がある。挿入損失特性とは、接点閉成時、信号線間における信号の損失がどの程度存在するかを示すものであり、挿入損失特性が向上するとは、信号の損失が低減されることを意味する。

挿入損失特性は、信号線のもつ電気抵抗と、接点の接触抵抗とにより、主に決定されるものである。信号線の電気抵抗は、信号線の線幅、線長、材質によって、主に決定される。接点の接触抵抗は、固定接点と可動接点の接触力、接点材料により決定される。

この挿入損失を低減するため、上記の静電マイクロリレーでは、接点閉成時に次のような動作をしている。固定電極 4 A、4 B と可動電極 9 A、9 B の間に電圧を印加すると固定電極 4 A、4 B と可動電極 9 A、9 B との間に静電引力が発生し、まず弾性屈曲部 8 A、8 B が撓んで可動電極 9 A、9 B が固定電極 4 A、4 B に接近し、可動接点 1 1 が固定接点 5 S、6 S に吸着される。このとき、可動電極 9 A、9 B と固定電極 4 A、4 B との間の距離は初めの状態より狭くなっているため一層大きな静電引力で吸引され、弾性支持部 1 0 A、1 0 B が撓んで可動接点 1 1 が固定接点 5 S、6 S に絶縁層を介して接触する。弾性支持部 1 0 A、1 0 B は弾性屈曲部 8 A、8 B よりも弾性力が大きいので、可動接点 1 1 は固定接点 5 S、6 S に大きな荷重で圧接する。

このようにして静電マイクロリレーは、大きな接点間接触力を有することになるので、接点の接触抵抗が低減し、挿入損失が低減することになる。また、信号線、固定接点及び可動接点に金（Au）等の低抵抗材料を用いることで、優れた挿入損失特性を実現している。

また、上記のような静電マイクロリレーの実装形態は、図 3 に示すように、固定電極 4 A、4 B、可動電極 9 A、9 B、固定接点 5 S、6 S、可動接点 1 1 などと各リードフレーム 1 2 とを導通させるようにして、各リードフレーム 1 2 との間をボンディングワイヤ 1 3 で接続した後、モールドパッケージ内に封止されている。

しかし、上記のような構造及び実装形態の静電マイクロリレーでは、リードフレーム 1 2 やボンディングワイヤ 1 3 を用いた実装形態となっているので、実装形態ではチップ形態に比較して実装面積が大きくなり、信号線長が長くなるので、挿入損失が大きくなり、高周波特性が劣化するという問題がある。

上記のような静電マイクロリレーにおいて、さらにその挿入損失を小さくしようとするれば、静電マイクロリレーを小型化することによって、信号線長を短くし、信号線の電気抵抗を抑えれば、リレーの挿入損失をさらに小さくすることができる。

しかしながら、静電マイクロリレーを小型化すれば、可動電極や固定電極の電極面積も小さくなるので、電極間に働く静電引力が小さくなり、接点間の接触力が低下する。この結果、接点間の接触抵抗が増大し、挿入損失も増加する。

このように、従来のような構造の静電マイクロリレーにおいては、信号線の電気抵抗と接点間の接触力との間

にトレードオフの関係があるため、静電マイクロリレーを小型化したところで必ずしも静電マイクロリレーの挿入損失の改善につながらなかった。

#### 発 明 の 開 示

本発明の目的とするところは、サイズ及び接点間の接触抵抗にかかわらず挿入損失を低減させることができる静電型リレーを提供することにある。また、接点の信頼性を劣化させることなく挿入損失を低減させることができる静電型リレーを提供することにある。さらに、当該リレーを用いた通信用機器を提供することにある。

本発明にかかる静電型リレーは、固定基板に形成された固定電極と該固定電極に対向させて弾性的に支持された可動基板の可動電極との間に発生させた静電引力に基づいて可動電極を駆動し、前記固定基板に設けた複数の固定接点と前記可動基板に設けた可動接点とを接離させる静電型リレーにおいて、前記固定接点及び前記可動接点間の外側で前記固定接点と前記可動接点を結ぶ線と交差する部分を有し、前記固定基板もしくは前記可動基板と接合することによって、少なくとも前記固定接点と前記可動接点を封止する封止部を形成する第三の基板を備え、前記封止部の封止状態を損なわない位置に、前記固定接点につながった信号線のうち、少なくとも1本の信号線を前記固定基板の基板表面から基板裏面に貫通させる貫通部を備えたことを特徴としている。

本発明にかかる静電型リレーによれば、固定基板の基板表面から基板裏面に貫通させた貫通部に信号線を貫通させているので、貫通部に配線された信号線を固定基板の下面へ導くことができる。よって、リードフレーム等を用いたものと比較して、静電型リレーを小型化することができる。また、信号線の長さを短くすることができるので、静電型リレーの挿入損失を低減することができ、高周波特性を良好にすることができる。

従って、本発明にかかる静電型リレーによれば、静電型リレーのサイズが同一サイズであっても、信号線の長さを短くすることによって信号線の電気抵抗を小さくし、挿入損失を小さくできる。また、この静電型リレーによれば、接点間の接触抵抗を増加させることなく信号線の電気抵抗を抑え、静電型リレーの挿入損失特性を向上させることが可能になる。

また、本発明の静電型リレーによれば、第三の基板によって固定接点や可動接点を封止しているので、固定基板と可動基板等との接合時の雰囲気設定により、固定接点と可動接点とのギャップ内の雰囲気（ガスの種類、真空度）をコントロールすることができる。さらに、固定接点と可動接点とが封止により保護されているため、外部からの異物混入や腐食性ガス等による劣化を防ぐことができ、リレーの信頼性と寿命を向上させることができる。



本発明の実施形態においては、前記固定接点につながった信号線のうち、少なくとも1本の信号線を前記固定基板の基板表面から基板裏面に貫通させ、かつ該信号線を貫通させた貫通孔の可動基板接合側の開口部を、該開口部周辺に形成された金属層を介して可動基板もしくは第三の基板と接合させることによって密閉封止している。この実施形態では、信号線を配線する貫通部として貫通孔を用いているので、貫通部を設ける位置の自由度が高くなる。さらに、この実施形態によれば、固定基板上に形成される信号線の数が減少するので、静電型リレーのサイズを大きくすることなく、固定電極および可動電極の面積を大きくとることができる。これにより、固定電極と可動電極の間に働く静電引力が増大するので、可動接点と固定接点の接触圧力を大きくして静電型リレーの挿入損失を小さくできる。また、固定電極と可動電極を大きくすることによって、可動基板の駆動電圧を抑えることができる。

本発明の別な実施形態においては、前記固定基板の基板表面から基板裏面に貫通させた前記信号線のうち、少なくとも1本の信号線を固定基板に対して垂直に形成してもよい。固定基板に設けられた信号線のうち、少なくとも1本の信号線を固定基板に対して垂直に形成すれば、その信号線の長さが最短になるため、挿入損失特性の向上効果を最大にすることができる。

本発明のさらに別な実施形態においては、固定基板に設けられた配線であって、かつ前記固定電極につながった信号線以外の配線のうち、少なくとも1本の配線を固定基板の基板表面から基板裏面に貫通させ、かつ該配線を貫通させた貫通孔の可動基板接合側の開口部を、該開口部周辺に形成された金属層を介して可動基板もしくは第三の基板と接合させることによって密閉封止している。このような実施形態によれば、固定基板における配線面積が減るため、静電型リレーの面積を小さくすることができる。また、固定接点と可動接点とが封止により保護されているため、外部からの異物混入や腐食性ガス等による劣化を防ぐことができ、リレーの信頼性と寿命を向上させることができる。

本発明のさらに別な実施形態においては、前記固定基板に形成された信号線ないし配線のうち、少なくとも1組の信号線ないし配線の間に少なくとも1本の高周波用グランド線を形成している。このような実施形態によれば、信号線ないし配線どうしを高周波用グランド線で接続することによって信号線ないし配線どうしの間の容量結合を抑制できるため、静電型リレーのアイソレーション特性が向上する。

なお、アイソレーション特性とは、接点開放時に信号線間における信号の漏れがどの程度存在するかを示すものであり、アイソレーション特性が向上するとは、信

号の漏れが低減されることを意味する。

本発明のさらに別な実施形態にかかる静電型リレーにあっては、前記固定基板に形成された貫通孔内に信号線ないし配線のうち、少なくとも1本の信号線ないし配線を形成し、この信号線ないし配線のうち少なくとも一部の信号線ないし配線において、貫通孔の一部にのみ信号線ないし配線を形成している。このような実施形態によれば、信号線もしくは配線が向かい合っている場合でも、その部分の信号線もしくは配線を部分的に除くことで信号線ないし配線の間容量結合を抑制でき、静電型リレーのアイソレーション特性を向上させることができる。

本発明のさらに別な実施形態によれば、前記固定基板に形成された信号線ないし配線のうち、少なくとも1本の信号線ないし配線の基板裏面側に位置する端部にバンプを設けている。この実施形態によれば、固定基板の裏面側にバンプを設けているので、バンプによって静電型リレーを回路基板上に直接実装することが可能になる。また固定基板上にワイヤパッドを形成する必要がなくなるため、素子の小型化が可能となる。総じて、実装の高密度化を実現することが可能となる。さらに、ワイヤを用いないため、挿入損失特性も向上することが可能となる。

本発明のさらに別な実施形態によれば、前記開口部を

、前記可動電極または前記可動接点と対向する固定基板上の領域の外側に設けている。この実施形態によれば、開口部と可動電極または可動接点とが重なり合わないのので、当該開口部を塞ぐための部材が可動電極や可動接点と干渉しにくくなり、開口部を塞ぐための部材の自由度が高くなる。

本発明のさらに別な実施形態によれば、前記第三の基板は、前記固定基板と接合される側に形成された凸部によって前記固定基板に接合されている。この実施態様によれば、第三の基板は固定基板に接合するための凸部を備えているので、凸部に囲まれた凹部内に可動接点や固定接点を納めて封止することができ、簡単な封止構造を実現できる。

本発明のさらに別な実施形態によれば、前記開口部の少なくとも1つ以上を、第三の基板の前記凸部と対向する位置に設けている。この実施形態によれば、開口部を第三の基板に設けた凸部で塞ぐことができるので、部材点数を少なくでき、静電型リレーの組み立てを容易にし、コストも安価にすることができる。

本発明のさらに別な実施形態によれば、前記貫通部を前記固定基板の外周部に設けているので、貫通部の加工を容易に行える。特に、貫通部が、前記固定基板の外周面に開口を有する凹形状となっていれば、貫通部の加工がより容易になる。例えば、固定基板がガラス基板など

からなる場合でも、サンドブラスト加工等によって貫通部を設けることができる。

本発明のさらに別な実施形態によれば、前記貫通部は、前記固定基板の基板平面に対して垂直に形成されているので、挿入損失特性の向上効果を最大化することが可能になる。

本発明のさらに別な実施形態によれば、前記第三の基板は前記固定基板に接合され、前記貫通部は固定基板と第三の基板との接合領域の外側近傍において固定基板に設けられているので、貫通部によって固定基板と第三の基板との間の封止構造が損なわれることがない。

本発明のさらに別な実施形態によれば、前記固定基板に形成された配線のうち、少なくとも1本の配線を前記貫通部に接続しているので、信号線長ばかりでなく、配線の長さも短くすることができ、ノイズにも強くなり、可動電極の動作が安定する。

本発明のさらに別な実施形態によれば、前記固定基板の裏面に電極膜を設け、固定基板の裏面に形成したスリットにより当該裏面電極膜を複数領域に絶縁分離させているので、裏面電極膜を個々に製作する場合に比べて裏面電極膜の製作工程を簡略化することができる。

本発明のさらに別な実施形態によれば、前記固定基板の裏面に、前記固定基板に形成された信号線ないし配線のうち、少なくとも1本の信号線ないし配線と導通する

バンプを設けているので、静電型リレーをバンプによって表面実装することができ、実装のためにリードフレーム等が必要なくなる。

本発明にかかるさらに別な実施形態による前記固定基板及び前記可動基板は、単結晶シリコンにより作製されている。固定基板及び可動基板とともに単結晶シリコンで作製すると、静電型リレーの製造工程のほぼ全体を半導体プロセス工程で処理できる点で好ましい。

本発明の静電型リレーは、挿入損失が小さく、高周波特性に優れるので、特に、アンテナもしくは内部回路の送受信信号を切り替える切替え素子として通信用機器に用いるのに好適である。

なお、この発明の以上説明した構成要素は、可能な限り任意に組み合わせることができる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、従来の静電マイクロリレーの構造を示す分解斜視図である。

図 2 は、図 1 に示した静電マイクロリレーの構造を模式的に示す断面図である。

図 3 は、図 1 に示した静電マイクロリレーの実装形態を説明する概略図である。

図 4 は、本発明の一実施形態による静電マイクロリレーの分解斜視図である。

図 5 は、図 4 の X - X 線に沿った断面を示す断面図で

ある。

図 6 は、図 4 の静電マイクロリレーに用いられている固定基板を裏面側から見た斜視図である。

図 7 は、図 4 の静電マイクロリレーに用いられているキャップを裏面側から見た斜視図である。

図 8 (a) (b) (c) は、図 4 に示した静電マイクロリレーの動作を説明するための概略断面図である。

図 9 (a) (b) (c) (d) (e) は、可動基板の中間製品を製造する工程を説明する概略図である。

図 10 (a) (b) (c) (d) (e) は、固定基板の製造工程を説明する概略図である。

図 11 (a) (b) は、キャップの製造工程を説明する概略図である。

図 12 (a) (b) (c) (d) (e) は、図 9 ～ 図 11 で製造された可動基板、固定基板及びキャップを組み立てて静電マイクロリレーを製造する工程を説明する概略図である。

図 13 は、本発明の別な実施形態による静電マイクロリレーの構造を示す階段断面図である。

図 14 は、本発明のさらに別な実施形態による静電マイクロリレーの構造を示す分解斜視図である。

図 15 は、図 14 に示した静電マイクロリレーの概略断面図である。

図 16 は、図 14 の静電マイクロリレーに用いられて

いる固定基板の裏面側の斜視図である。

図 1 7 は、図 1 4 の静電マイクロリレーに用いられている可動基板の斜視図である。

図 1 8 ( a ) ( b ) ( c ) は、図 1 4 の静電マイクロリレーの動作を説明する概略図である。

図 1 9 ( a ) ～ ( e ) は、図 1 4 の静電マイクロリレーに用いられている可動基板の製作工程を説明する概略図である。

図 2 0 は ( a ) ( b ) ( c ) ( d ) ( e ) は図 1 4 の静電マイクロリレーに用いられている固定基板の製作工程を説明する概略図である。

図 2 1 ( a ) ( b ) は図 1 4 の静電マイクロリレーに用いられているキャップの製作工程を説明する概略図である。

図 2 2 ( a ) ( b ) ( c ) ( d ) ( e ) は図 1 9 、図 2 0 、図 2 1 で製作された可動基板、固定基板及びキャップを組み立てて静電マイクロリレーを製造する工程を説明する概略図である。

図 2 3 は、本発明のさらに別な実施形態による静電マイクロリレーの構造を示す分解斜視図である。

図 2 4 は、図 2 3 の静電マイクロリレーに用いられている可動基板の裏面図である。

図 2 5 は、図 2 3 に示した静電マイクロリレーの断面図である。



図 2 6 は、携帯電話等の無線通信端末における切替スイッチとして本発明のマイクロリレーを用いた様子を示す図である。

図 2 7 は、無線通信基地局に本発明の静電マイクロリレーを用いた例を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

図面を参照して、本発明にかかる好ましい実施形態について以下に詳細に説明する。

図 4 は本発明の一実施形態による静電マイクロリレーの構造を示す分解斜視図、図 5 は図 4 の X-X 線に沿った階段断面図である。この静電マイクロリレーは、主として、固定基板 20、可動基板 40 及びキャップ 50 よりなり、固定基板 20 の上面に可動基板 40 を取り付けて一体化し、固定基板 20 とキャップ 50 の間に固定基板 20 の上面と可動基板 40 を封止している。図 6 はこの固定基板 20 の裏面側からの斜視図であり、図 7 はキャップ 50 の内面側からの斜視図である。

図 4 に示すように、上記固定基板 20 は、表面が熱酸化されたシリコン基板 21 の上面に固定電極 22 と、一組の固定接点 (23A、24A) とをそれぞれ設けたものである。固定電極 22 の表面は絶縁膜 25 で被覆されている。また、固定基板 20 には、シリコン基板 21 にあけたスルーホール 26、27、28、29 の内面に形成された金属被膜からなる信号線 23、24 及び配線 3

0、31（スルーホール配線）が形成されており、シリコン基板21の上面において各信号線23、24及び配線30、31の縁にランド23A、24A、30A、31Aが形成されている。シリコン基板21の下面には、図6に示すように、各信号線23、24及び配線30、31と導通したランド23B、24B、30B、31Bが設けられ、さらに各ランド23B、24B、30B、31Bと導通した接続バンプ32、33、34、35が設けられている。固定電極22は、ランド30Aに導通しており、配線30及びランド30Bを介して接続バンプ34に接続されている。また、ランド23A、24Aは固定基板20の固定接点（以下、ランド23A、24Aを固定接点23A、24Aという）となっており、固定接点23A、24Aは信号線23、24を介して接続バンプ32、33に接続されている。

上記可動基板40はシリコン基板を加工して作製されており、弾性屈曲部42A、42Bを介してアンカー41A、41Bによって略矩形板状の可動電極43を弾性的に支持し、可動電極43の内側にあけられた開口部分44において、弾性支持部45A、45Bを介して可動接点部46を弾性支持したものである。弾性屈曲部42A、42Bは、可動基板40の両側縁部に沿って設けたスリット49により形成され、弾性屈曲部42A、42Bの端部からそれぞれアンカー41A、41Bが下面側

へ突出している。弾性支持部 4 5 A、4 5 B 及び可動接点部 4 6 は、可動電極 4 3 の中央部両側に設けた開口部分 4 4 により形成される。弾性支持部 4 5 A、4 5 B は、可動電極 4 3 と可動接点部 4 6 とを連結する幅狭の梁であり、接点閉成時、弾性屈曲部 4 2 A、4 2 B よりも大きな弾性力を得られるように構成されている。可動接点部 4 6 は、弾性支持部 4 5 A、4 5 B に直接支持された平坦部（シリコン基板部分）4 6 A の下面に絶縁膜 4 7 を介して金属からなる可動接点 4 8 を設けたものである。

可動基板 4 0 は、次のようにして固定基板 2 0 の上に実装される。下面側に突出したアンカー 4 1 A、4 1 B は、固定基板 2 0 の上面 2 箇所にそれぞれ固定され、それによって可動電極 4 3 は固定基板 2 0 の上方に浮かせた状態で支持される。このとき、いずれか一方のアンカー 4 1 A は、固定基板 2 0 のランド 3 1 A の上に接合され、スルーホール 2 9 を気密的に封止する。よって、可動電極 4 3 は、配線 3 1 を介して裏面に設けた接続バンプ 3 5 に電氣的に接続される。他方のアンカー 4 1 B は、固定電極 2 2 等から絶縁された位置でシリコン基板 2 1 の上面に接合される。

こうして固定基板 2 0 に可動基板 4 0 を実装した状態では、可動電極 4 3 は絶縁膜 2 5 を介して固定電極 2 2 に対向しており、接続バンプ 3 4、3 5 及び配線 3 0、

3 1 を通じて両電極 2 2、4 3 間に電圧を印加すると、固定電極 2 2 と可動電極 4 3 の間に発生する静電引力によって可動電極 4 3 が固定電極 2 2 に吸引される。可動接点 4 8 は、両固定接点 2 3 A、2 4 A に対向し、両固定接点 2 3 A、2 4 A に接触することによって固定接点 2 3 A、2 4 A 間を閉成し、信号線 2 3、2 4 を電氣的に接続する。ただし、可動接点 4 8 は、後述の固定接点封止部 5 3、5 4 と干渉しないよう、スルーホール 2 6、2 7 へは張り出さず、ランド部分にのみ接触するようにしている。

上記キャップ 5 0 はパイレックスなどのガラス基板によって作製されており、図 7 に示すように、下面には凹部 5 1 が形成されている。キャップ 5 0 の下面外周にはギャップ封止部 5 2 が形成され、その内側に固定接点封止部 5 3、5 4 が設けられており、各固定接点封止部 5 3、5 4 の下面には金属膜 5 3 A、5 4 A が設けられている。ギャップ封止部 5 2 は、固定基板 2 0 の外周部上面に気密的に固着されると共に、ランド 3 0 A の設けられているスルーホール 2 8 を気密的に封止する。また、固定接点封止部 5 3、5 4 は、固定接点 2 3 A、2 4 A の設けられているスルーホール 2 6、2 7 を塞ぐように固定接点 2 3 A、2 4 A の上に気密的に固着される。可動基板 4 0 のアンカー 4 1 A は、ランド 3 1 A のスルーホール 2 9 を塞いでいるから、固定基板 2 0 上面の固定

電極 22 や可動基板 40 などは、固定基板 20 とキャップ 50 との間に気密的に封止され、ほこりや腐食性のガスなどから保護される。

次に、この静電マイクロリレーの動作を図 8 を参照して説明する。固定電極 22 と可動電極 43 との間に電圧を印加していない状態では、図 8 (a) に示すように、固定基板 20 と可動基板 40 とは平行を保持し、可動接点 48 が固定接点 23A、24A から開離している。

そして、接続バンプ 34、35 から可動電極 43 と固定電極 22 との間に電圧を印加すると、両電極 22、43 の間には静電引力が発生する。この結果、図 8 (b) に示すように、可動電極 43 が弾性屈曲部 42A、42B の弾性力に抗して固定電極 22 に接近し、可動接点 48 が固定接点 23A、24A に当接する。

図 8 (c) に示すように、可動接点 48 が固定接点 23A、24A に当接した後も、可動電極 43 は固定電極 22 の上の絶縁膜 25 に当接するまで移動を続ける。このため、可動接点 48 が固定接点 23A、24A に対して弾性支持部 45A、45B の撓み量に応じた弾性力を作用させて接触圧を高め、片当たりを発生させない。したがって、接点閉成時、所望の接触信頼性が得られる。

そして、印加電圧を除去すると、弾性屈曲部 42A、42B 及び弾性支持部 45A、45B の両方の弾性力により、可動電極 43 は固定電極 22 から離間する。この

ため、この離間動作が確実に行われる。この後、弾性屈曲部 4 2 A、4 2 B のみの弾性力により可動電極 4 3 は上動を続け、可動接点 4 8 が固定接点 2 3 A、2 4 A から開離して初めの状態に復帰する。

つぎに、前記構成からなる静電マイクロリレーの製造方法を図 9 ～ 図 10 を参照して説明する。まず、図 9 に従って可動基板 4 0 の中間製品を作製する。すなわち、図 9 ( a ) に示すように、下層から S i 層 6 1、S i O<sub>2</sub> 層 ( 酸化膜 ) 6 2 及び S i 層 6 3 からなる S O I ( Silicon On Insulator ) ウエハ 6 4 を準備する。ついで、S i 層 6 1 の下面にアンカー 4 1 A、4 1 B を形成するため、例えば、シリコン酸化膜 6 5 をマスクとし、T M A H をエッチング液として S i 層 6 1 の下面をウエットエッチングし、図 9 ( b ) に示すように、下面側に突出するアンカー 4 1 A、4 1 B を形成する。そして、図 9 ( c ) に示すように、シリコン層 6 1 の下面を熱酸化させて S i O<sub>2</sub> からなる絶縁膜 4 7 を形成した後、一方のアンカー 4 1 A の下面を絶縁膜 4 7 から露出させ、その露出面に P ( リン ) を注入させて導電層を形成する。ついで、図 9 ( d ) に示すように、もう一方のアンカー 4 1 B の下面を開口した後、アンカー 4 1 A、4 1 B の下面に A u 等の金属膜 6 6 を設けると同時に、S i 層 6 1 の下面略中央部において、絶縁膜 4 7 の上に A u 等の可動接点 4 8 を形成する。この後、絶縁膜 4 7 をエッチン

グにより除去すると、可動接点 4 8 の下面の絶縁膜 4 7 は可動接点 4 8 に覆われているためにエッチングされることなく残り、絶縁膜 4 7 と可動接点 4 8 との二層構造ができる。

つぎに、図 1 0 に従って固定基板 2 0 を作製する。すなわち、図 1 0 ( a ) に示すようなシリコン基板 2 1 を用意し、シリコン基板 2 1 にディープ・エッチングを施すことによって 4 カ所にスルーホール 2 6 、 2 7 、 2 8 、 2 9 を形成する。図 1 0 ( b ) に示すように、シリコン基板 2 1 を熱酸化させて表面に  $\text{SiO}_2$  からなる絶縁被膜 6 7 を形成する。この後、絶縁被膜 6 7 の上から電極金属を堆積させ、この電極金属をパターンニングすることによって図 1 0 ( c ) のように固定電極形成位置においてそれぞれ固定電極 2 2 を形成する。同様にして、フォトリソグラフィ法により、図 1 0 ( d ) のようにスルーホール 2 6 、 2 7 、 2 8 、 2 9 の縁に Au 等によって固定接点 2 3 A 、 2 4 A とランド 3 0 A 、 3 1 A を形成する。そして、図 1 0 ( e ) に示すように、固定電極 2 2 の表面を絶縁膜 2 5 で被覆することにより、固定基板 2 0 を完成する。

また、図 1 1 に従ってキャップ 5 0 を作製する。このためには、用意した図 1 1 ( a ) のようなガラス基板 6 8 の下面に固定接点封止部 5 3 、 5 4 を形成する。例えば、Cr をマスクとし HF をエッチング液としてガラス

基板 6 8 を下面側からウェットエッチングし、ガラス基板 6 8 の下面に凹部 5 1 を形成する。これによって下面の外周部にギャップ封止部 5 2 を設けると共に下面側に突出する固定接点封止部 5 3、5 4 を形成する。そして、固定接点封止部 5 3、5 4 の下面に Au 等の金属膜 5 3 A、5 4 A を形成し、図 1 1 ( b ) のようなキャップ 5 0 を完成する。

そして、図 1 2 ( a ) に示すように、固定基板 2 0 の上に前記 S O I ウエハ 6 4 のアンカー 4 1 A、4 1 B を Au / Au 接合などにより接合一体化する。そして、図 1 2 ( b ) に示すように、S O I ウエハ 6 4 の上面を T M A H、K O H 等のアルカリエッチング液でエッチングし、S i O<sub>2</sub> 層 6 2 に達するまでエッチングして S i O<sub>2</sub> 層 6 2 を露出させる。この結果、固定基板 2 0 の上方には、アンカー 4 1 A、4 1 B を除いて厚みの薄い S i 層 6 1 が形成される。

ついで、フッ素系エッチング液を用いて S i 層 6 1 の上の酸化膜 6 2 を除去し、可動電極 4 3 となる S i 層 6 1 を露出させた後、R I E 等を用いたドライエッチングで型抜きエッチングを行って周囲の不要部分を除去すると共に、スリット 4 9 及び開口部分 4 4 を設けて弾性屈曲部 4 2 A、4 2 B、弾性支持部 4 5 A、4 5 B 及び可動接点部 4 6 を形作り、図 1 2 ( c ) のように固定基板 2 0 の上で可動基板 4 0 を完成する。



ついで、図 1 2 ( d ) に示すように、可動基板 4 0 と一体化接合された固定基板 2 0 の上にキャップ 5 0 を被せ、固定接点封止部 5 3 、 5 4 を A u / A u 接合などにより固定接点 2 3 A 、 2 4 A に接合一体化すると共にギャップ封止部 5 2 を固定基板 2 0 の上面外周部及びランド 3 0 A に接合一体化する。そして、スルーホール 2 6 、 2 7 、 2 8 、 2 9 内に信号線 2 3 、 2 4 および配線 3 0 、 3 1 を形成し、固定基板 2 0 の下面にランド 2 3 B 、 2 4 B 、 3 0 B 、 3 1 B と接続バンプ 3 2 、 3 3 、 3 4 、 3 5 を形成し、図 1 2 ( e ) のような静電マイクロリレーを完成する。

以上の説明から明らかなように、本発明の静電マイクロリレーによれば、シリコン基板 2 1 の表面から裏面にかけて信号線 2 3 、 2 4 を貫通させているので、信号線長を短くすることができ、静電マイクロリレーの挿入損失を小さくすることができる。特に、信号線 2 3 、 2 4 を基板平面に対して垂直に形成しているので、挿入損失特性の向上効果を最大化することが可能になる。また、スルーホール 2 6 、 2 7 、 2 8 、 2 9 の開口部は接合されており、固定接点 2 3 A 、 2 4 A 及び可動接点 4 8 は封止により保護されているため、静電マイクロリレーの信頼性と寿命を向上させることができる。

また、可動電極 4 3 を駆動するための配線 3 1 や固定電極をアースするための配線 3 0 もシリコン基板 2 1 の

表面から裏面にかけて貫通させているので、固定基板 20 の上面には信号線 23、24 や配線 30、31 が形成されず、その分だけ固定電極 22 の面積を大きくとることができ、駆動電圧を抑えることが可能になる。

また、本発明の静電マイクロリレーでは、固定基板 20 の裏面側で信号線 23、24 や配線 30、31 と導通するバンプ 32、33、34、35 を設けているので、静電マイクロリレーを回路基板に直接実装することができる。すなわち、回路基板と接続するためのボンディングワイヤが不要となり、より良好な挿入損失特性を得ることが可能になる。さらに、ボンディングワイヤを接続するためのワイヤパッドやパッケージのリードフレーム等が不要となることで、静電マイクロリレーとその実装形態の小型化が可能になる。

さらに、固定基板 20 と可動基板 40 を単結晶シリコンで構成することにより、全てを半導体プロセス工程で処理でき、寸法精度のバラツキを抑制することが可能になる。また、単結晶シリコンは耐疲労性、耐クリープ性が高いため、寿命特性を向上させることが可能となる。しかも、固定基板 20 を単結晶シリコンで製造してあるので、DRIE や (110) ウエハを用いたウェットエッチングにより、基板の厚みにほとんど依存することなく、シリコン基板 21 にスルーホール 26、27、28、29 を形成することが可能となる。

次に、本発明の別な実施形態を説明する。図 13 は本発明の別な実施形態による静電マイクロリレーの構造を表した断面図（図 4 の X-X 線断面に相当する階段断面における断面図）である。この実施形態においては、固定電極 22 と導通している信号線 23、24 どうしの間に高周波用グランド線 69 を形成し、信号線 23、24 間の容量結合を抑制するようにしている。こうして信号線 23、24 間の容量結合を抑制することにより、良好なアイソレーション特性を得ることが可能になる。また、この実施形態では、信号線 23、24 及び配線 30、31 をスルーホール 26、27、28、29 の全周に形成することなく、スルーホール 26、27、28、29 の一部分、すなわち互いに近接している側の半分には信号線 23、24 又は配線 30、31 を形成しないようにしてもよい。これにより、信号線 23、24 もしくは配線 30、31 間の容量結合を抑制することができ、良好なアイソレーション特性を得ることが可能になる。

なお、上記各実施形態においては、固定基板 20 に可動基板 40 を接合する際、および可動基板 40 と一体化された固定基板 20 にキャップ 50 を接合する際には、Au/Si 接合、または陽極接合、またはシリコン・フュージョン・ボンディングを用いることも可能である。

また、固定基板 20 を形成するシリコン基板 21 の代用として、ガラス基板を用いることも可能である。ガラ

スは絶縁体であるため、これにより配線 30、31 間の容量結合を抑制することができる。

次に、本発明にかかるさらに別な実施形態について説明する。図 14 は本発明のさらに別な実施形態による静電マイクロリレーの構造を示す分解斜視図である。図 15 はこの静電マイクロリレーが組み立てられた状態における断面図である。この静電マイクロリレーは、主として、固定基板 120、可動基板 140 及びキャップ 150 よりなり、固定基板 120 の上面に可動基板 140 を取り付けて一体化し、固定基板 120 とキャップ 150 の間に固定基板 120 の上面と可動基板 140 を封止している。図 16 は固定基板の裏面側からの斜視図、図 17 は可動基板 140 の斜視図である。

固定基板 120 は、ガラス基板 121 の上面に固定電極 122 と、一組の固定接点 136、137 とをそれぞれ設けたものである。固定電極 122 の周囲は、絶縁体 125 によってコ字状に囲まれており、当該絶縁体 125 は固定電極 122 よりも高くなっていて固定電極 122 の表面よりも上に突出している。また、固定接点 136、137 の両側に位置している固定電極 122 どうしは、固定接点 136、137 間の隙間を通過してつながっている。また、固定基板 120 には、ガラス基板 121 の側面及び角部に形成された貫通溝 126、127、128、129 の内面に形成された金属被膜からなる信号線

1 2 3、1 2 4 及び配線 1 3 0、1 3 1 が形成されており、ガラス基板 1 2 1 の上面において各信号線 1 2 3、1 2 4 及び配線 1 3 0、1 3 1 の縁にランド 1 2 3 A、1 2 4 A、1 3 0 A、1 3 1 A が形成されている。なお、ランド 1 2 3 A 及び 1 2 4 A と、ランド 1 3 0 A と、ランド 1 3 1 A とは互いに電氣的に絶縁されている。

ガラス基板 1 2 1 の下面には、図 1 6 に示すように、互いに絶縁分離された電極膜 1 2 3 B、1 2 4 B、1 3 0 B、1 3 1 B が設けられている。各電極膜 1 2 3 B、1 2 4 B、1 3 0 B、1 3 1 B には、各信号線 1 2 3、1 2 4 及び配線 1 3 0、1 3 1 が導通しており、さらに各電極膜 1 2 3 B、1 2 4 B、1 3 0 B、1 3 1 B には接続バンプ 1 3 2、1 3 3、1 3 4、1 3 5 が設けられている。固定電極 1 2 2 は、ランド 1 3 0 A に導通しており、配線 1 3 0 及び電極膜 1 3 0 B を介して接続バンプ 1 3 4 に接続されている。また、固定基板 1 2 0 の固定接点 1 3 6、1 3 7 は、ランド、1 2 3 A、1 2 4 A に導通しており、それぞれ信号線 1 2 3、1 2 4 及び電極膜 1 2 3 B、1 2 4 B を介して接続バンプ 1 3 2、1 3 3 に接続されている。

上記可動基板 1 4 0 は略矩形状をしたシリコン基板を加工して作製されており、図 1 7 に示すように、弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B を介してアンカー 1 4 1 A、1 4 1 B によって一組の略矩形状の可動電極 1 4 3 を弾

性的に支持している。弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B は、可動基板 1 4 0 の両側縁部に沿って設けたスリット 1 4 9 により形成され、弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B の端部からそれぞれアンカー 1 4 1 A、1 4 1 B が下面側へ突出している。弾性支持部 1 4 5 A、1 4 5 B 及び可動接点部 1 4 6 は、可動電極 1 4 3 間に形成されている。弾性支持部 1 4 5 A、1 4 5 B は、可動電極 1 4 3 と可動接点部 1 4 6 とを連結する幅狭の梁であり、接点閉成時、弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B よりも大きな弾性力を得られるように構成されている。可動接点部 1 4 6 は、弾性支持部 1 4 5 A、1 4 5 B に直接支持された平坦部（シリコン基板部分）1 4 6 A の下面に絶縁膜 1 4 7 を介して金属からなる可動接点 1 4 8 を設けたものである。

可動基板 1 4 0 は、次のようにして固定基板 1 2 0 の上に実装される。下面側に突出したアンカー 1 4 1 A、1 4 1 B は、固定基板 1 2 0 の上面 2 箇所にそれぞれ固定され、それによって可動電極 1 4 3 は固定基板 1 2 0 の上方に浮かせた状態で支持される。このとき、一方のアンカー 1 4 1 A は、固定基板 1 2 0 のランド 1 3 1 A の上に接合される。よって、可動電極 1 4 3 は、配線 1 3 1 を介して裏面に設けた接続バンプ 1 3 5 に電氣的に接続される。もう一方のアンカー 1 4 1 B は、ガラス基板 1 2 1 上面に接合される。

こうして固定基板 1 2 0 に可動基板 1 4 0 を実装した状態では、可動電極 1 4 3 は固定電極 1 2 2 及び絶縁体 1 2 5 に対向しており、接続バンプ 1 3 4、1 3 5 及び配線 1 3 0、1 3 1 を通じて両電極 1 2 2、1 4 3 間に電圧を印加すると、固定電極 1 2 2 と可動電極 1 4 3 の間に発生する静電引力によって可動電極 1 4 3 が固定電極 1 2 2 に吸引される。可動接点 1 4 8 は、両固定接点 1 3 6、1 3 7 に対向し、両固定接点 1 3 6、1 3 7 に接触することによって固定接点 1 3 6、1 3 7 間を閉成し、信号線 1 2 3、1 2 4 を電氣的に接続する。

キャップ 1 5 0 はパイレックスなどのガラス基板によって作製されており、図 1 5 に示すように、下面には凹部 1 5 1 が形成されている。キャップ 1 5 0 の外周には凹部 1 5 1 を囲むギャップ封止部 1 5 2 が全周にわたって設けられている。ギャップ封止部 1 5 2 は、固定基板 1 2 0 の外周部上面に気密的に固着される。よって、固定基板 1 2 0 上面の固定接点 1 3 6、1 3 7 や可動基板 1 4 0 などは、固定基板 1 2 0 とキャップ 1 5 0 との間に気密的に封止され、ほこりや腐食性のガスなどから保護される。

次に、この静電マイクロリレーの動作を図 1 8 を参照して説明する。固定電極 1 2 2 と可動電極 1 4 3 との間に電圧を印加していない状態では、図 1 8 (a) に示すように、固定基板 1 2 0 と可動基板 1 4 0 とは平行を保

持し、可動接点 1 4 8 が固定接点 1 3 6、1 3 7 から開離している。

そして、接続バンプ 1 3 4、1 3 5 から可動電極 1 4 3 と固定電極 1 2 2 との間に電圧を印加すると、両電極 1 2 2、1 4 3 の間には静電引力が発生する。この結果、図 1 8 (b) に示すように、可動電極 1 4 3 が弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B の弾性力に抗して固定電極 1 2 2 に接近し、可動接点 1 4 8 が固定接点 1 3 6、1 3 7 に当接する。

図 1 8 (c) に示すように、可動接点 1 4 8 が固定接点 1 3 6、1 3 7 に当接した後も、可動電極 1 4 3 は固定電極 1 2 2 の周囲の絶縁体 1 2 5 に当接するまで移動を続ける。このため、可動接点 1 4 8 が固定接点 1 3 6、1 3 7 に対して弾性支持部 1 4 5 A、1 4 5 B の撓み量に応じた弾性力を作用させて接触圧を高め、片当たりを発生させない。したがって、接点閉成時、所望の接触信頼性が得られる。

そして、印加電圧を除去すると、弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B 及び弾性支持部 1 4 5 A、1 4 5 B の両方の弾性力により、可動電極 1 4 3 は固定電極 1 2 2 から離間する。このため、この離間動作が確実に行われる。この後、弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B のみの弾性力により可動電極 1 4 3 は上動を続け、可動接点 1 4 8 が固定接点 1 3 6、1 3 7 から開離して初めの状態に復帰する。



。 つぎに、前記構成からなる静電マイクロリレーの製造方法を図19～図22を参照して説明する。まず、図19に従って可動基板140の中間製品を作製する。すなわち、図19(a)に示すように、下層からSi層161、SiO<sub>2</sub>層(酸化膜)162及びSi層163からなるSOI(Silicon On Insulator)ウエハ164を準備する。ついで、Si層161の下面にアンカー141A、141Bを形成するため、例えば、シリコン酸化膜165をマスクとし、TMAHをエッチング液としてSi層161の下面をウェットエッチングし、図19(b)に示すように、下面側に突出するアンカー141A、141Bを形成する。そして、図19(c)に示すように、シリコン層161の下面を熱酸化させてSiO<sub>2</sub>からなる絶縁膜147を形成した後、一方のアンカー141Bの下面を絶縁膜147から露出させ、その露出面にP(リン)を注入させて導電層144を形成する。ついで、図19(d)に示すように、もう一方のアンカー141Aの下面を開口した後、アンカー141Bの下面にAu等の金属膜166を設けると同時に、Si層161の下面略中央部において、絶縁膜147の上にAu等の可動接点148を形成する。この後、絶縁膜147をエッチングにより除去すると、可動接点148の下面の絶縁膜147は可動接点148に覆われているためにエッチ

ングされることなく残り、絶縁膜 1 4 7 と可動接点 1 4 8 との二層構造ができる。

つぎに、図 2 0 に従って固定基板 1 2 0 を作製する。すなわち、図 2 0 ( a ) に示すようなガラス基板 1 2 1 を用意し、ガラス基板 1 2 1 にサンドブラスト加工を行って図 2 0 ( b ) のように両側面及び角部の合計 4 箇所に通溝 1 2 6 、 1 2 7 、 1 2 8 、 1 2 9 を形成する。ついで、図 2 0 ( c ) に示すように、ガラス基板 1 2 1 の表面、裏面にスパッタ、蒸着、メッキ等により電極膜 1 3 8 、 1 3 9 を形成する。同時に、通溝 1 2 6 、 1 2 7 、 1 2 8 、 1 2 9 の内面にスパッタ、蒸着、メッキ等により電極膜を形成して信号線 1 2 3 、 1 2 4 、配線 1 3 0 、 1 3 1 を形成する。この後、図 2 0 ( d ) のようにガラス基板 1 2 1 の表面で電極膜 1 3 8 をパターンニングすることによって固定接点 1 3 6 、 1 3 7 、固定電極 1 2 2 及びランド 1 2 3 A 、 1 2 4 A 、 1 3 0 A 、 1 3 1 A を形成し、図 2 0 ( e ) に示すように、固定電極 1 2 2 の周囲に絶縁体 1 2 5 を形成する。

また、図 2 1 に従ってキャップ 1 5 0 を作製する。このためには、図 2 1 ( a ) のようなガラス基板 1 6 8 を用意し、例えば Cr をマスクとし HF をエッチング液としてガラス基板 1 6 8 を下面側からウェットエッチングし、ガラス基板 1 6 8 の下面に凹部 1 5 1 を形成すると共にその周囲にギャップ封止部 1 5 2 を形成する。

そして、図 2 2 ( a ) に示すように、固定基板 1 2 0 の上に前記 S O I ウエハ 1 6 4 を載置し、アンカー 1 4 1 A、アンカー 1 4 1 B を固定基板 1 2 0 のランド 1 3 1 A 及びガラス基板 1 2 1 に接合一体化する。そして、S O I ウエハ 1 6 4 の上面を T M A H、K O H 等のアルカリエッチング液でエッチングし、S i O<sub>2</sub> 層 1 6 2 に達するまでエッチングして S i O<sub>2</sub> 層 1 6 2 を露出させる。この結果、固定基板 1 2 0 の上方には、アンカー 1 4 1 A、1 4 1 B を除いて厚みの薄い S i 層 1 6 1 が形成される。

ついで、フッ素系エッチング液を用いて S i 層 1 6 1 の上の酸化膜 1 6 2 を除去し、図 2 2 ( b ) に示すように、可動電極 1 4 3 となる S i 層 1 6 1 を露出させた後、R I E 等を用いたドライエッチングで型抜きエッチングを行って周囲の不要部分を除去すると共に、スリット 1 4 9 等を加工して弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B、弾性支持部 1 4 5 A、1 4 5 B 及び可動接点部 1 4 6 を形作り、図 2 2 ( c ) のように固定基板 1 2 0 の上で可動基板 1 4 0 を完成する。

ついで、図 2 2 ( d ) に示すように、可動基板 1 4 0 と一体化接合された固定基板 1 2 0 の上にキャップ 1 5 0 を被せ、ギャップ封止部 1 5 2 を固定基板 1 2 0 の上面外周部にフリット接合で接合一体化する。そして、図 2 2 ( e ) に示すように、固定基板 1 2 0 の裏面に接続

バンプ 1 3 2、1 3 3、1 3 4、1 3 5 を形成し、固定基板 1 2 0 の裏面に電極膜分離用スリット 1 5 3 を切入し、裏面の電極膜 1 3 9 を分離することによって電極膜 1 2 3 B、1 2 4 B、1 3 0 B、1 3 1 B を形成し、静電マイクロリレーを完成する。

このような静電マイクロリレーによれば、第 1 の実施形態と同様に、信号線長を短くすることができ、静電マイクロリレーの挿入損失を小さくすることができ、高周波特性が向上する。特に、信号線 1 2 3、1 2 4 を基板平面に対して垂直に形成しているので、挿入損失特性の向上効果を最大化することが可能になる。また、貫通溝 1 2 6、1 2 7、1 2 8、1 2 9 は、固定基板 1 2 0 の外周部に設けられていてキャップ 1 5 0 による封止空間よりも外に位置しているので、固定接点 1 3 6、1 3 7 や可動接点 1 4 8 は封止により保護され、静電マイクロリレーの信頼性と寿命を向上させることができる。

また、本発明の静電マイクロリレーでは、固定基板 1 2 0 の裏面側で信号線 1 2 3、1 2 4 や配線 1 3 0、1 3 1 と導通するバンプ 1 3 2、1 3 3、1 3 4、1 3 5 を設けているので、静電マイクロリレーを回路基板に直接実装することができる。すなわち、回路基板と接続するためのボンディングワイヤが不要となり、より良好な挿入損失特性を得ることが可能になる。さらに、ボンディングワイヤを接続するためのワイヤパッドやパッケー

ジのリードフレーム等が不要となることで、静電マイクロリレーとその実装形態の小型化が可能になる。このため、実装面積の大幅な低減の実現と、伝送線路長の大幅低減による極めて優れた高周波特性（低挿入損失）を実現することができる。

なお、前記可動基板 140 と前記固定基板 120 を接合する際には、Au / Au 等のメタル接合を用いてもよく、陽極接合法を用いてもよい。また、前記固定基板 120 を形成するガラス基板 121 の代用として、シリコン基板やセラミック基板を用いることも可能である。また、固定基板 120 がシリコン基板によって形成されている場合には、異方性エッチングやドライエッチングを用いて貫通溝を形成してもよい。さらに、シリコンウエハから固定基板を得る場合には、シリコンウエハに形成したスルーホールを 2 分割又は 4 分割することによって貫通溝を得てもよい。

次に、本発明にかかるさらに別な実施形態を説明する。図 23 は本発明のさらに別な実施形態による静電マイクロリレーの分解斜視図である。この静電マイクロリレーに用いられている固定基板 120 は、第 3 の実施形態による静電マイクロリレー（図 14）で用いられているものと同じものである。図 24 はこの静電マイクロリレーに用いられている可動基板 171 の下面図である。この可動基板 171 は、略矩形状をしたシリコン基板やス

テンレス薄板等を加工して作製されており、両端部においてはスリット 1 4 9 によって 4 つの弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B が形成されている。また、両側には、可動基板 1 7 1 が変形しやすくするための長孔 1 7 3 が設けられている。さらに、可動基板 1 7 1 に設けられた可動電極 1 4 3 の下面中央部には、絶縁膜 1 4 7 を介して可動接点 1 4 8 が設けられている。

しかして、この可動基板 1 7 1 は、図 2 5 に示すように、弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B の先端部 1 7 2 A、1 7 2 B をキャップ 1 5 0 の凹部 1 5 1 天面に接合固定されており、可動電極 1 4 3 と固定電極 1 2 2 との間に電磁吸引力が働くと、弾性屈曲部 1 4 2 A、1 4 2 B を撓ませて可動電極 1 4 3 及び可動接点 1 4 8 が下方へ移動し、可動接点 1 4 8 が固定接点 1 3 6、1 3 7 に接触する構造となっている。

本発明の静電マイクロリレーは種々の機器、特に通信用機器に用いることができる。例えば、携帯電話、無線通信端末の送受信部、ダイバシティアンテナ、内外アンテナ、マルチバンド等の各切替え素子として用いることができる。これらの用途に用いれば、従来より用いられている M M I C スイッチなどに比べて挿入損失を小さくすることができるので、通信端末の電池（バッテリー）寿命を延ばすことができる。また、携帯電話等の無線通信基地局のアンテナ部に設けられる各種切替え素子とし

て用いれば、従来より用いられている電磁リレーなどに比較して切替え素子を小さくすることができ、基地局を小さくできる。

図 26 は、携帯電話等の無線通信端末 181 に切替スイッチとして本マイクロリレーを用いた様子を示す。スイッチの種類としては、送信側回路 182 と受信側回路 183 を切り替える送受信スイッチ 184 として本発明の静電マイクロリレーを用いており、また、主アンテナ 185 とダイバシティアンテナ 186 とを切り替えるダイバシティスイッチ 187 として本発明の静電マイクロリレーを用いている。なお、図示しないが、主アンテナと外部アンテナを切り替えるアンテナスイッチとして本発明の静電マイクロリレーを用いてもよい。

図 27 は無線通信基地局 188 に本発明の静電マイクロリレーを用いた例を示す。この例では、アンテナ 189 と通常用パワーアンプ 190 及び非常用パワーアンプ 191 とを本発明の静電マイクロリレーを用いた切替え素子（スイッチ）192 によって切り替え可能に接続し、故障などの異常時には速やかに通常用パワーアンプ 190 から非常用パワーアンプ 191 に切替えられるようにしている。

#### 産業上の利用可能性

本発明の静電型リレーは、例えば、携帯電話、無線通信端末の送受信部、ダイバシティアンテナ、内外アンテナ

ナ、マルチバンド等の切替え素子として用いられる。また、携帯電話等の無線通信基地局のアンテナ部に設けられる切替え素子としても本発明の静電型リレーは用いられる。



## 請 求 の 範 囲

1. 固定基板に形成された固定電極と該固定電極に対向させて弾性的に支持された可動基板の可動電極との間に発生させた静電引力に基づいて可動電極を駆動し、前記固定基板に設けた複数の固定接点と前記可動基板に設けた可動接点とを接離させる静電型リレーにおいて、

前記固定接点及び前記可動接点間の外側で前記固定接点と前記可動接点を結ぶ線と交差する部分を有し、前記固定基板もしくは前記可動基板と接合することによって、少なくとも前記固定接点と前記可動接点を封止する封止部を形成する第三の基板を備え、前記封止部の封止状態を損なわない位置に、前記固定接点につながった信号線のうち、少なくとも1本の信号線を前記固定基板の基板表面から基板裏面に貫通させる貫通部を備えたことを特徴とする静電型リレー。

2. 前記固定接点につながった信号線のうち、少なくとも1本の信号線を前記固定基板の基板表面から基板裏面に貫通させ、かつ該信号線を貫通させた貫通孔の可動基板接合側の開口部を、該開口部周辺に形成された金属層を介して可動基板もしくは第三の基板と接合させることによって密閉封止したことを特徴とする、請求項1に記載の静電型リレー。

3. 前記固定基板の基板表面から基板裏面に貫通させた前記信号線のうち、少なくとも1本の信号線を固定基板に対して垂直に形成したことを特徴とする、請求項2に記載の静電型リレー。

4. 前記固定基板に設けられた配線であって、かつ前記固定電極につながった信号線以外の配線のうち、少なくとも1本の配線を固定基板の基板表面から基板裏面に貫通させ、かつ該配線を貫通させた貫通孔の可動基板接合側の開口部を、該開口部周辺に形成された金属層を介して可動基板もしくは第三の基板と接合させることによって密閉封止したことを特徴とする、請求項2に記載の静電型リレー。

5. 前記固定基板に形成された信号線ないし配線のうち、少なくとも1組の信号線ないし配線の間に少なくとも1本の高周波用グラウンド線を形成したことを特徴とする、請求項2又は4に記載の静電型リレー。

6. 前記固定基板に形成された貫通孔内に信号線ないし配線のうち、少なくとも1本の信号線ないし配線を形成し、この信号線ないし配線のうち少なくとも一部の信号線ないし配線において、貫通孔の一部にのみ信号線ないし配線を形成したことを特徴とする、請求項2又は4に記載の静電型リレー。

7. 前記固定基板に形成された信号線ないし配線のうち、少なくとも1本の信号線ないし配線の基板裏面側

に位置する端部にバンプを設けたことを特徴とする、請求項 2 又は 4 に記載の静電型リレー。

8. 前記開口部を、前記可動電極または前記可動接点と対向する固定基板上の領域の外側に設けたことを特徴とする、請求項 2 に記載の静電型リレー。

9. 前記第三の基板は、前記固定基板と接合される側に形成された凸部によって前記固定基板に接合されることを特徴とする、請求項 2 に記載の静電型リレー。

10. 前記開口部の少なくとも 1 つ以上を、第三の基板の前記凸部と対向する位置に設けたことを特徴とする、請求項 9 に記載の静電型リレー。

11. 前記貫通部を前記固定基板の外周部に設けたことを特徴とする、請求項 1 に記載の静電型リレー。

12. 前記貫通部は、前記固定基板の外周面に開口を有する凹形状であることを特徴とする、請求項 11 に記載の静電型リレー。

13. 前記貫通部は、前記固定基板の基板平面に対して垂直に形成されていることを特徴とする、請求項 11 に記載の静電型リレー。

14. 前記第三の基板は前記固定基板に接合され、前記貫通部は固定基板と第三の基板との接合領域の外側近傍において固定基板に設けられていることを特徴とする、請求項 11 に記載の静電型リレー。

15. 前記固定基板に形成された配線のうち、少な

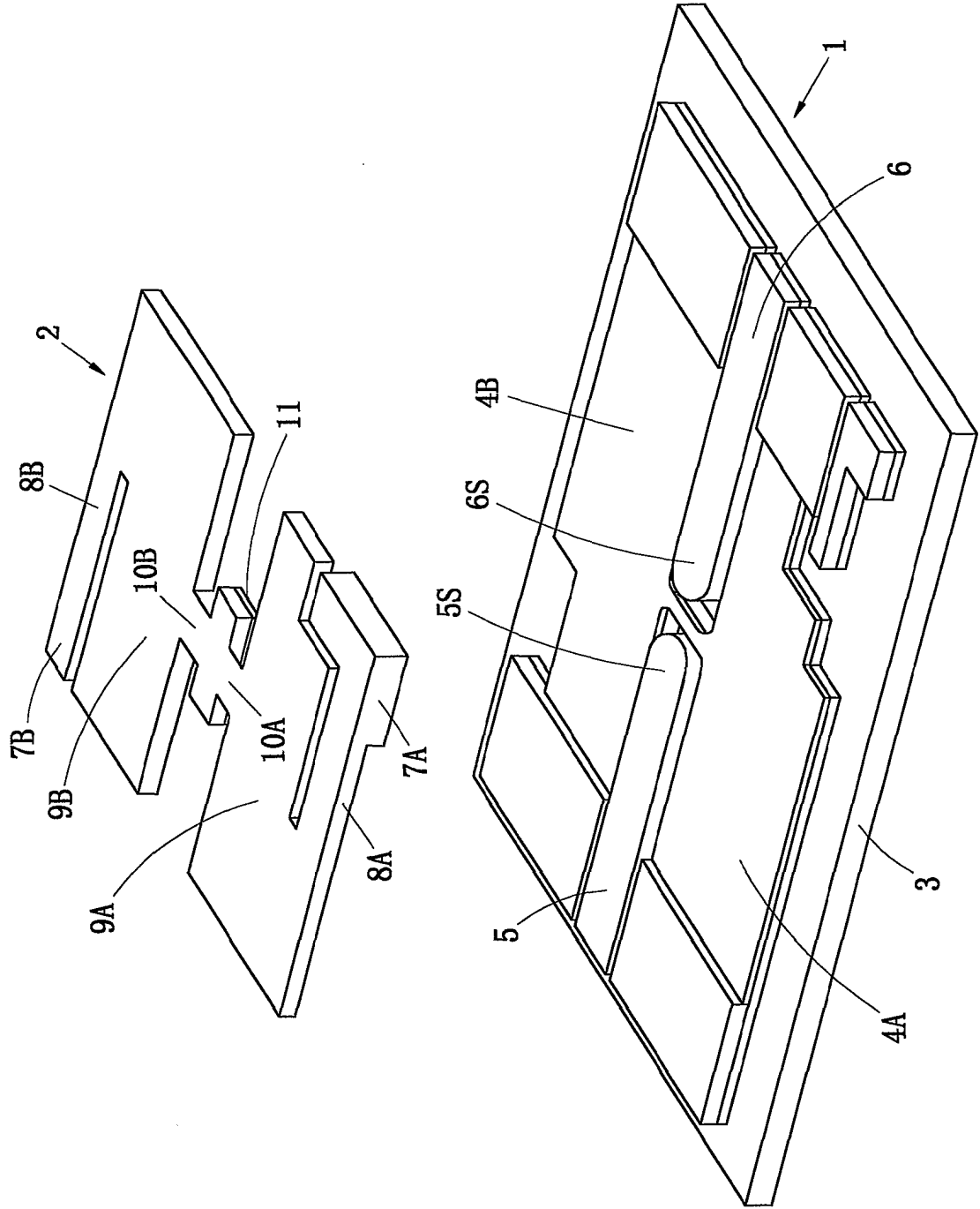
くとも 1 本の配線を前記貫通部に接続したことを特徴とする、請求項 11 に記載の静電型リレー。

16. 前記固定基板の裏面に電極膜を設け、固定基板の裏面に形成したスリットにより当該裏面電極膜を複数領域に絶縁分離させたことを特徴とする、請求項 11 に記載の静電型リレー。

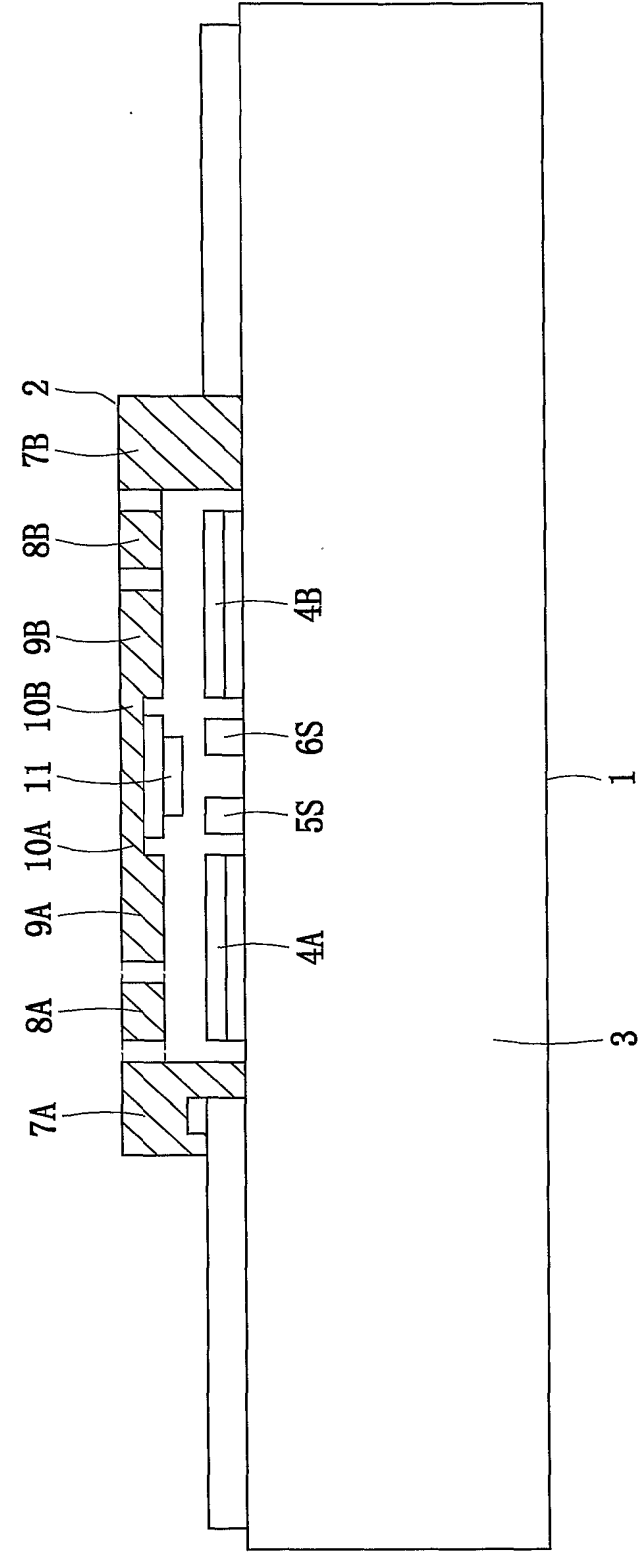
17. 前記固定基板の裏面に、前記固定基板に形成された信号線ないし配線のうち、少なくとも 1 本の信号線ないし配線と導通するバンプを設けたことを特徴とする、請求項 11 に記載の静電型リレー。

18. 前記固定基板及び前記可動基板は、単結晶シリコンにより作製されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の静電型リレー。

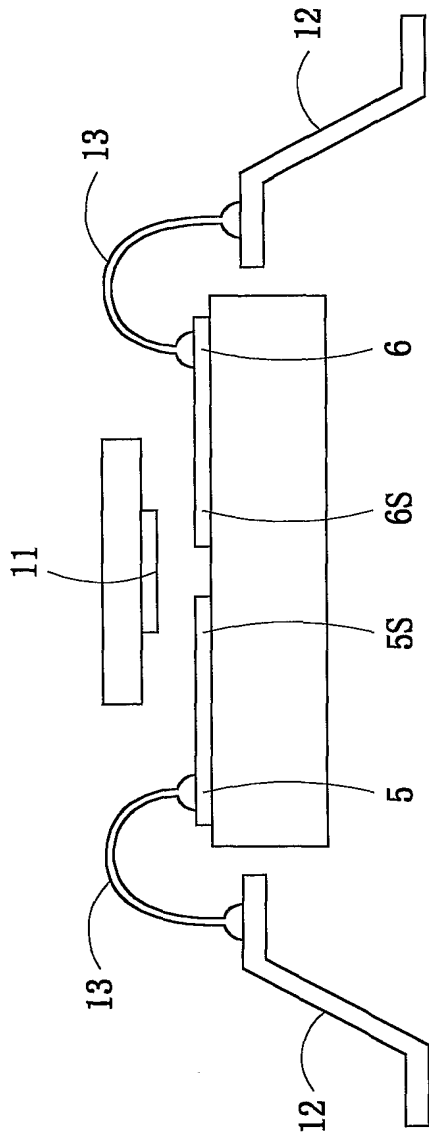
19. アンテナもしくは内部回路の送受信信号を切り替える切替え素子を備えた通信用機器において、前記切替え素子に請求項 1 に記載の静電型リレーを用いたことを特徴とする通信用機器。



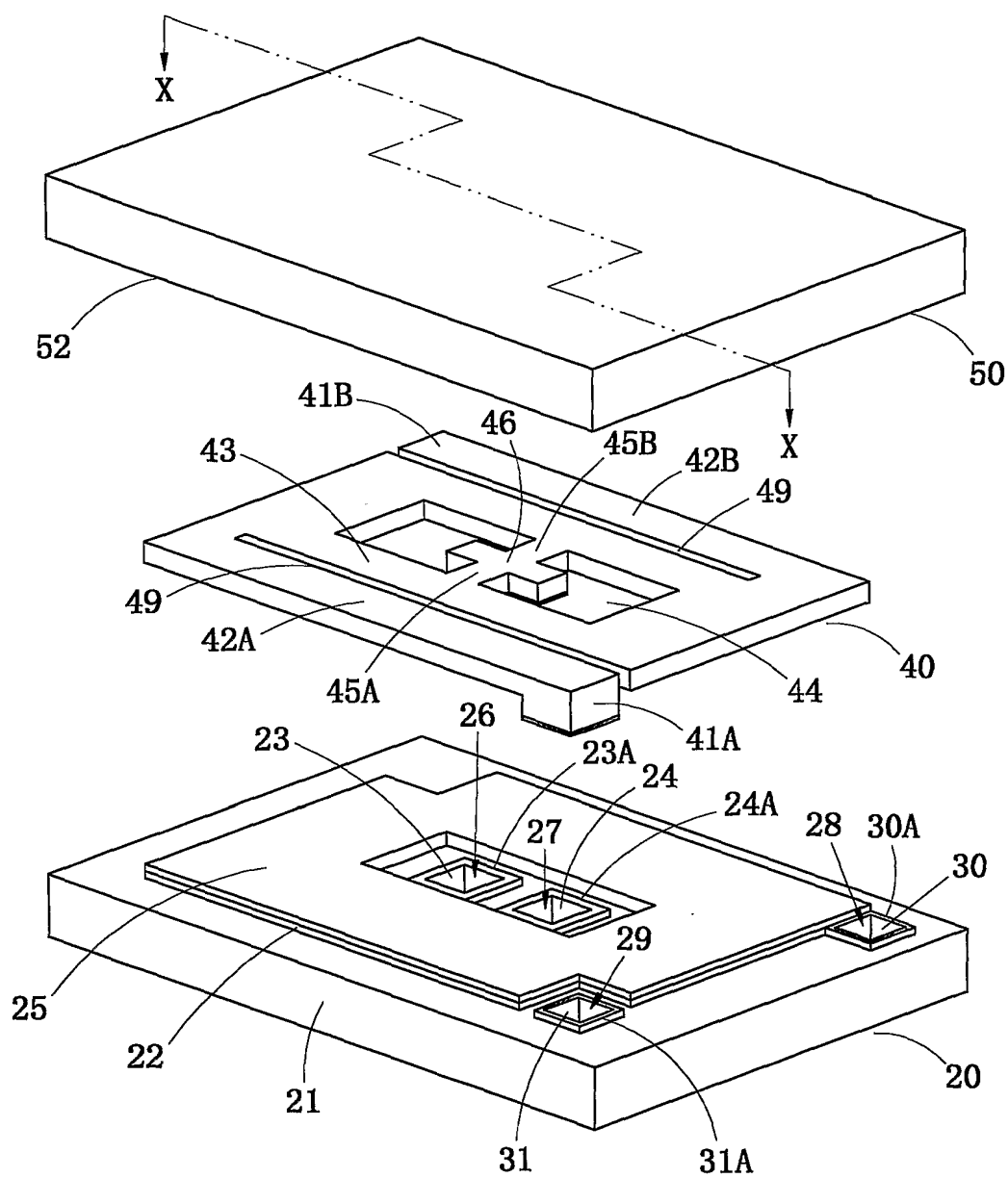
f i g . 1



f i g . 2

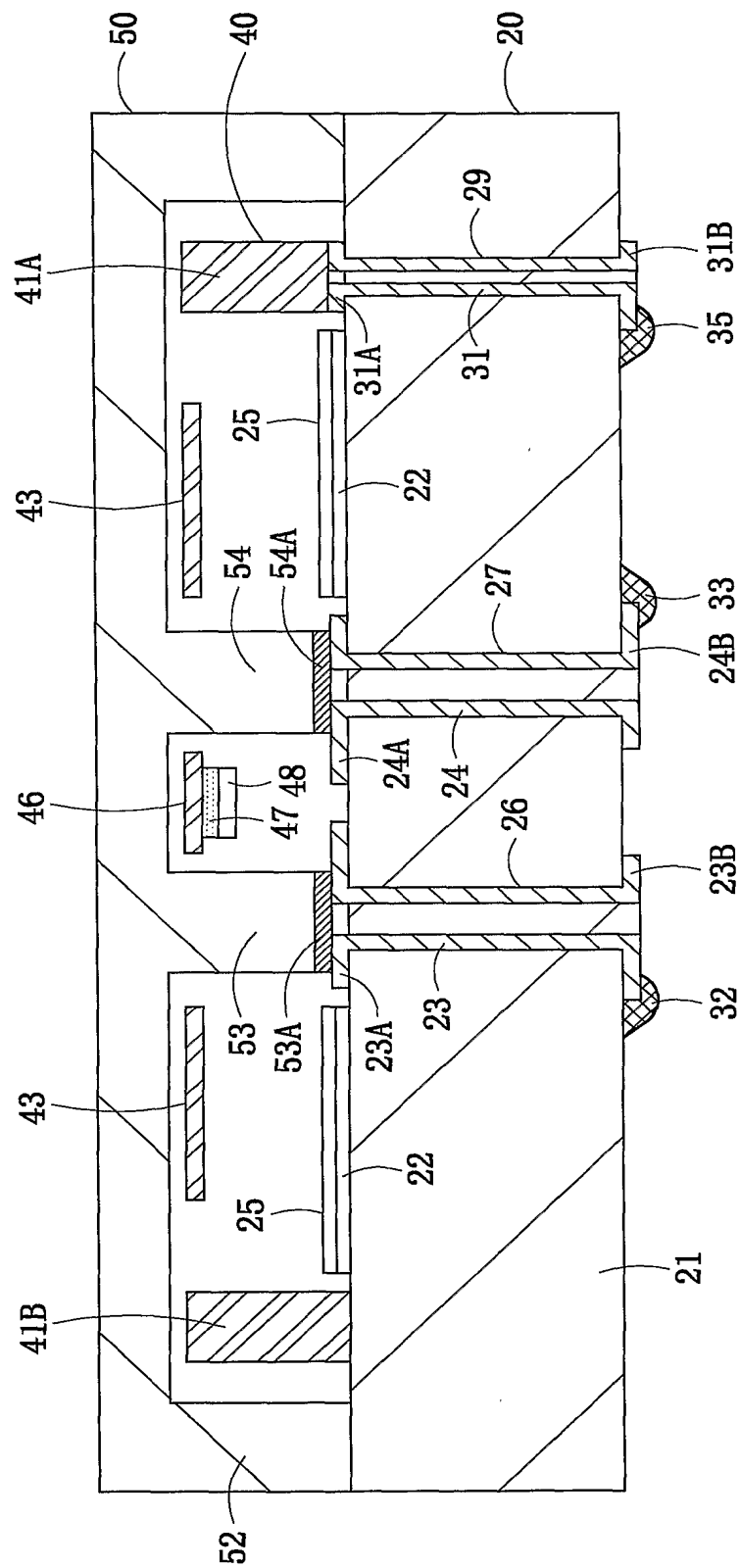


f i g . 3

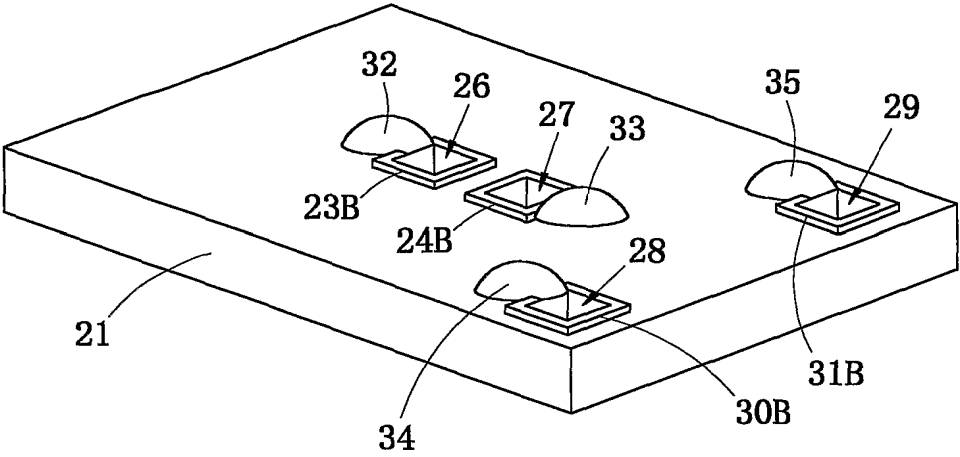


f i g. 4

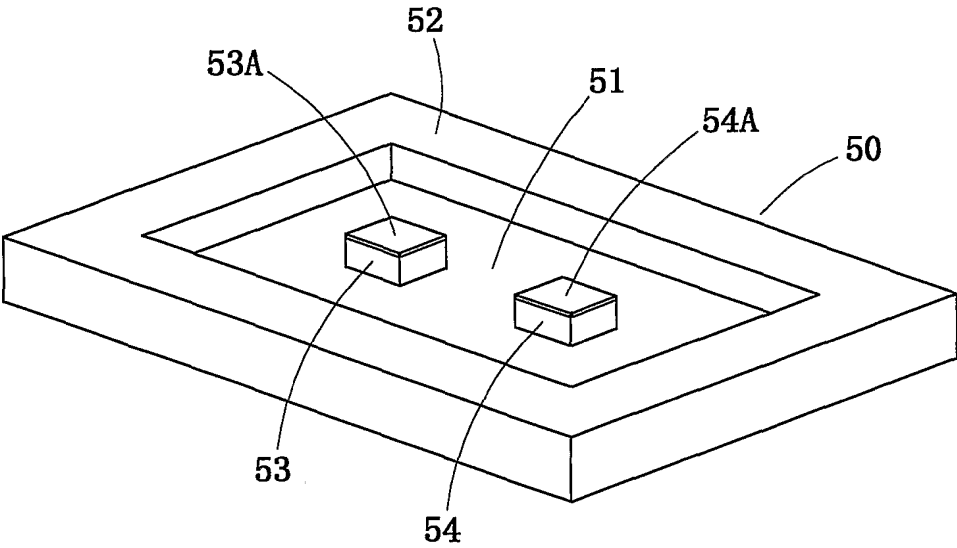




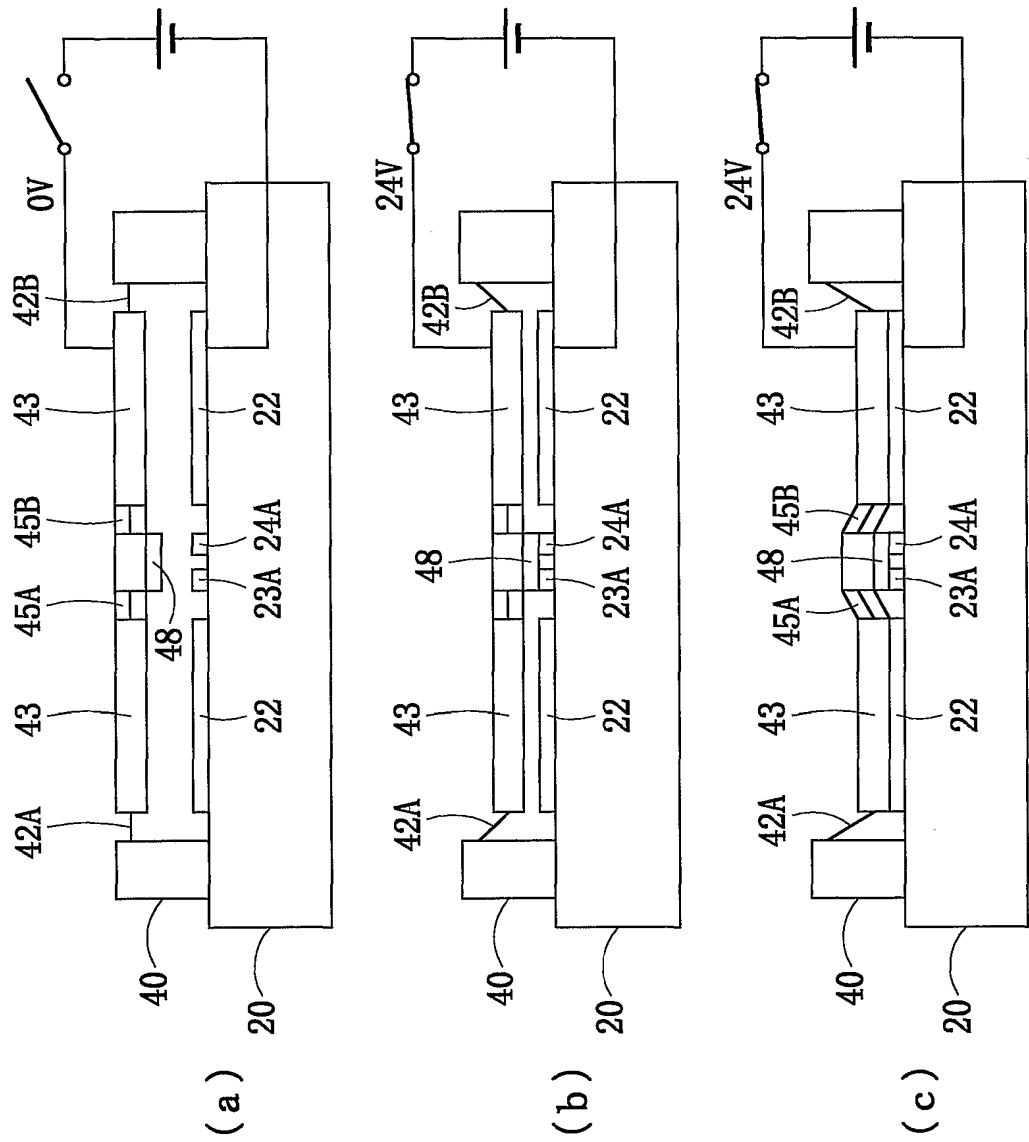
f i g . 5



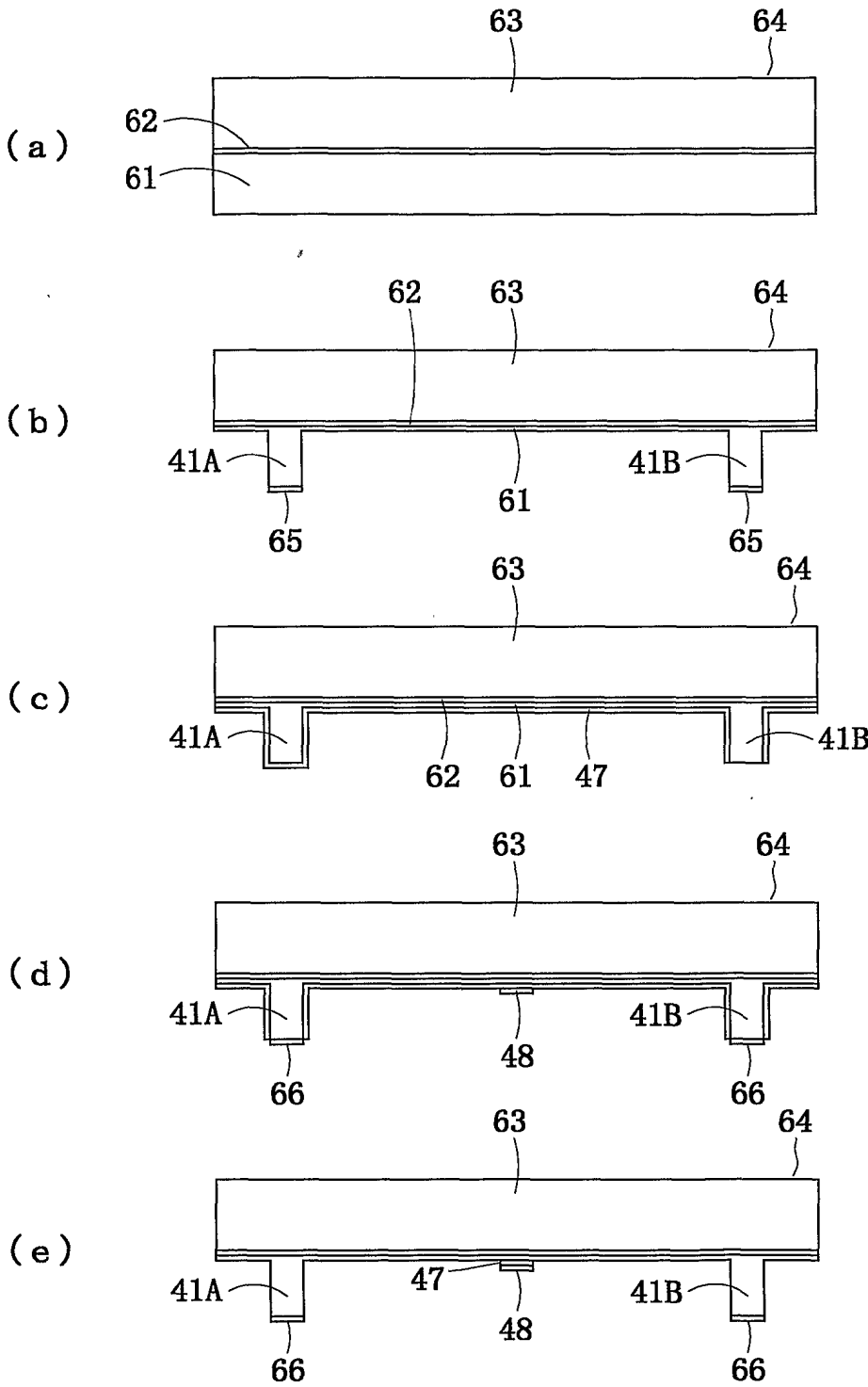
f i g . 6



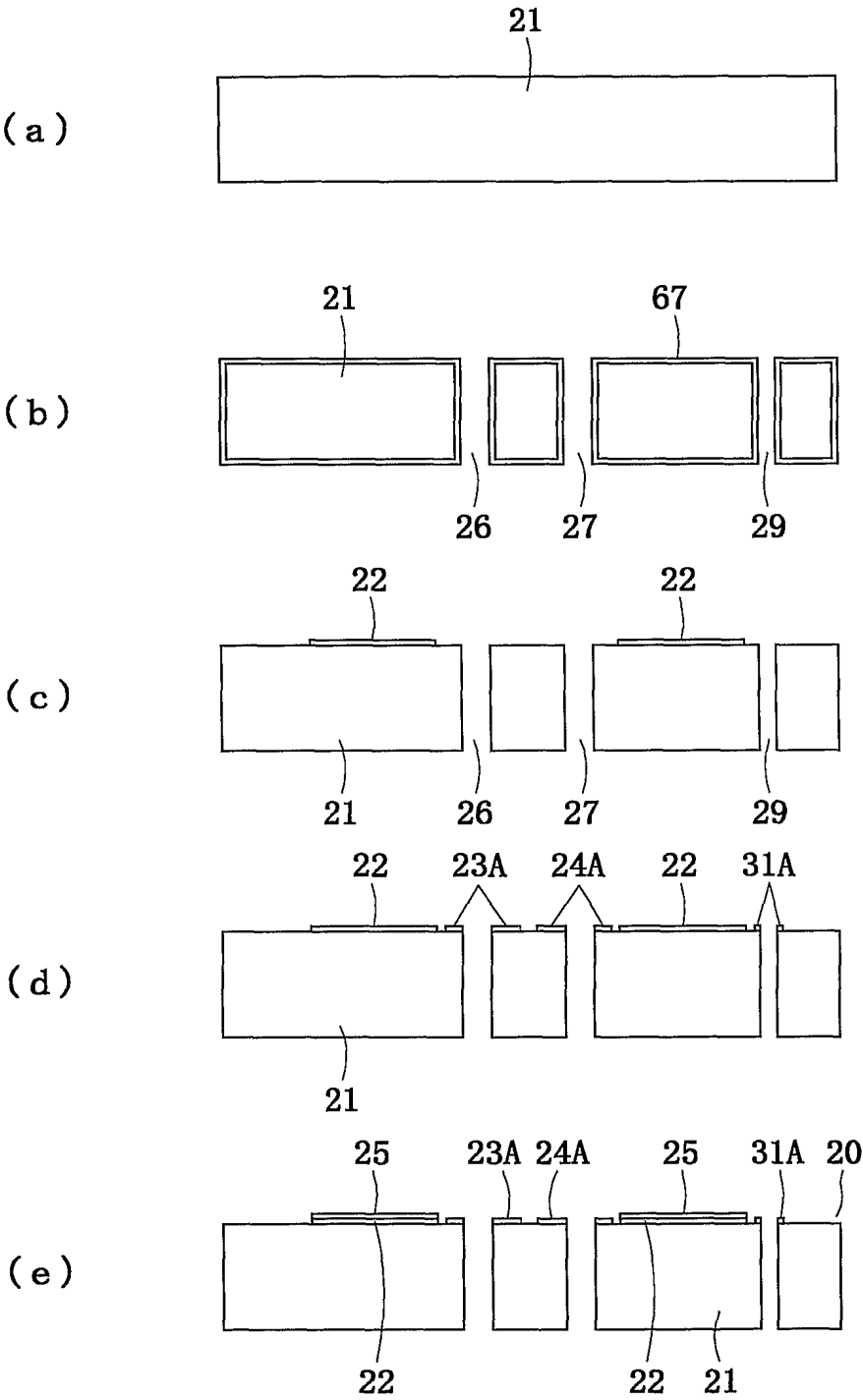
f i g . 7



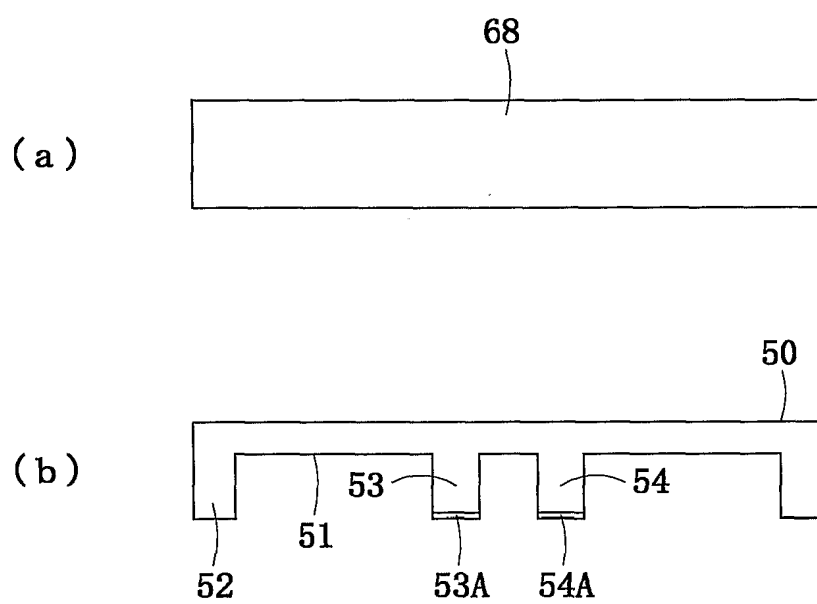
f i g . 8



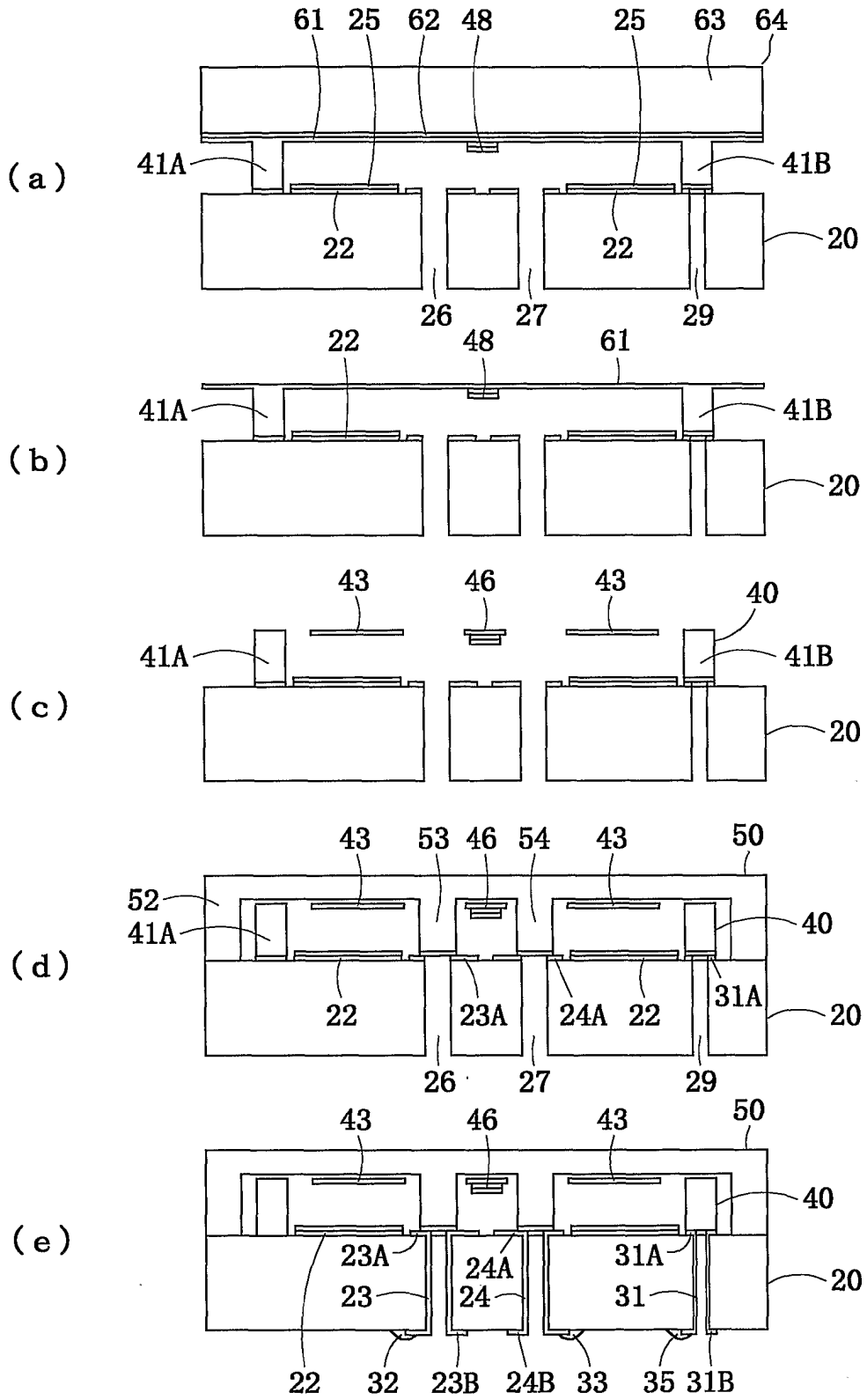
f i g . 9



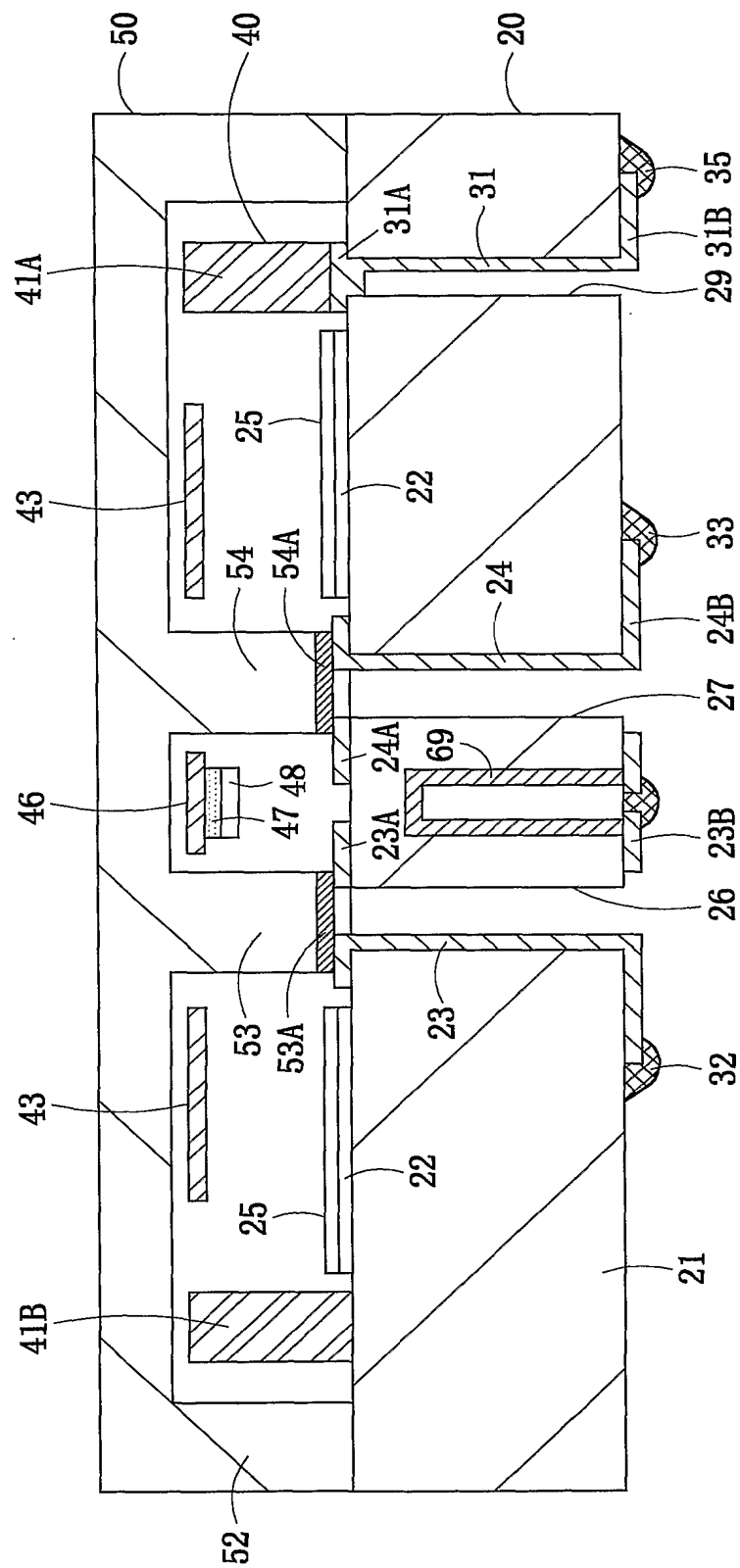
f i g . 1 0



f i g . 1 1

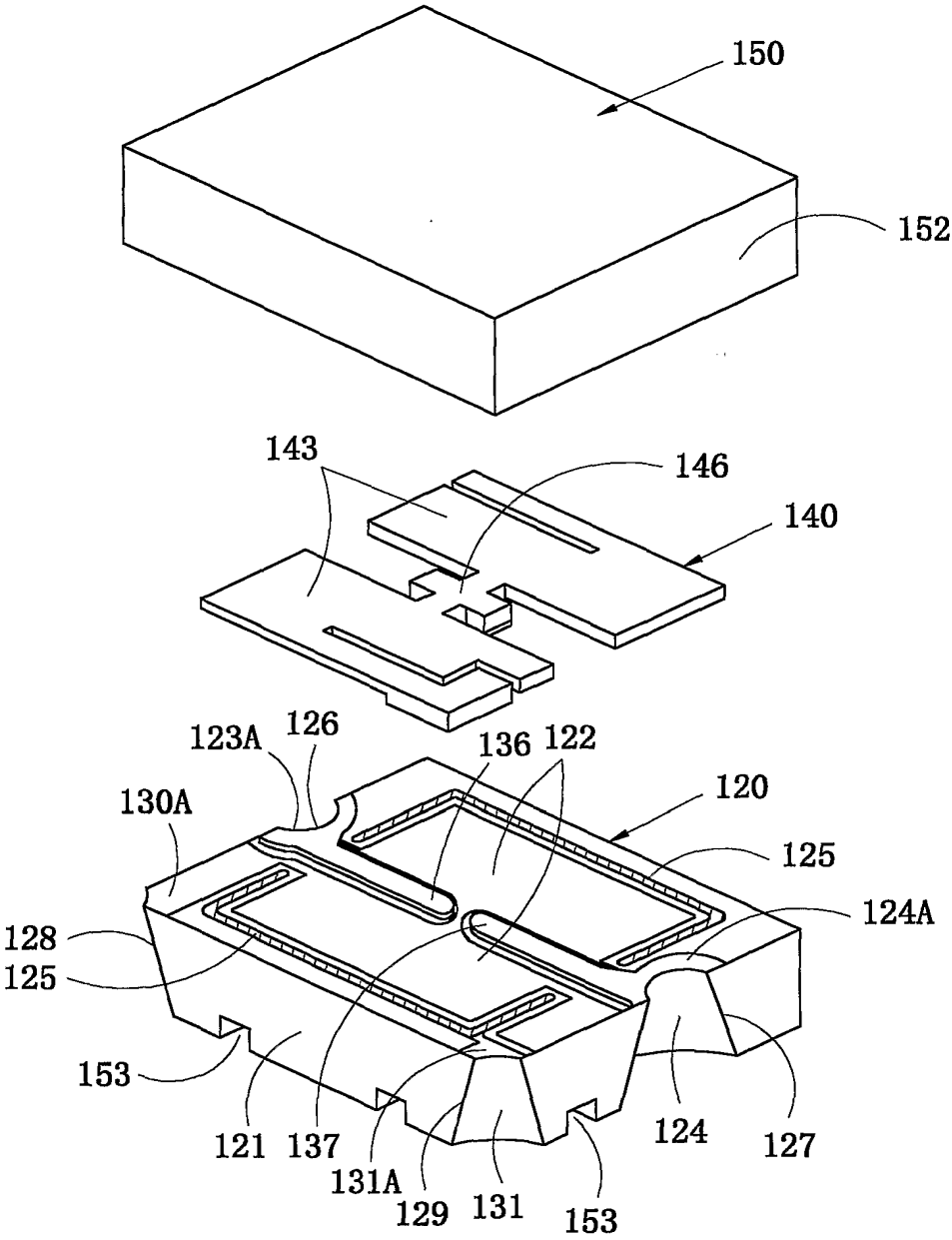


f i g . 1 2

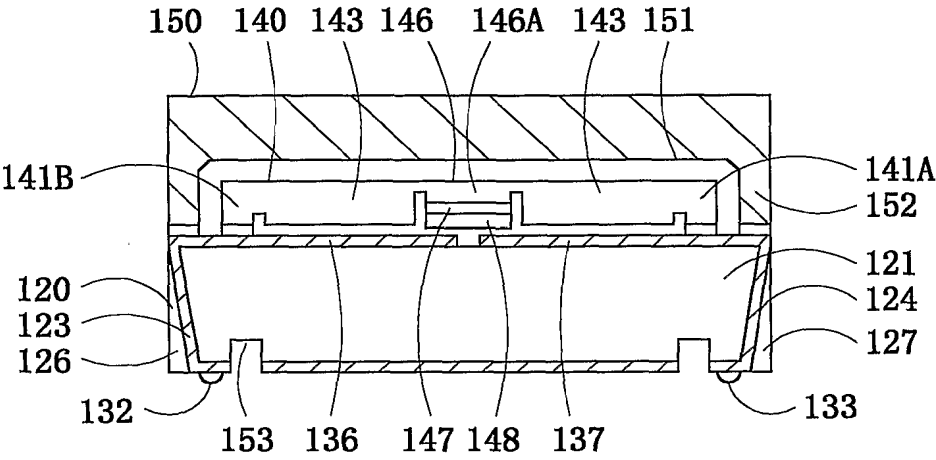


f i g . 1 3

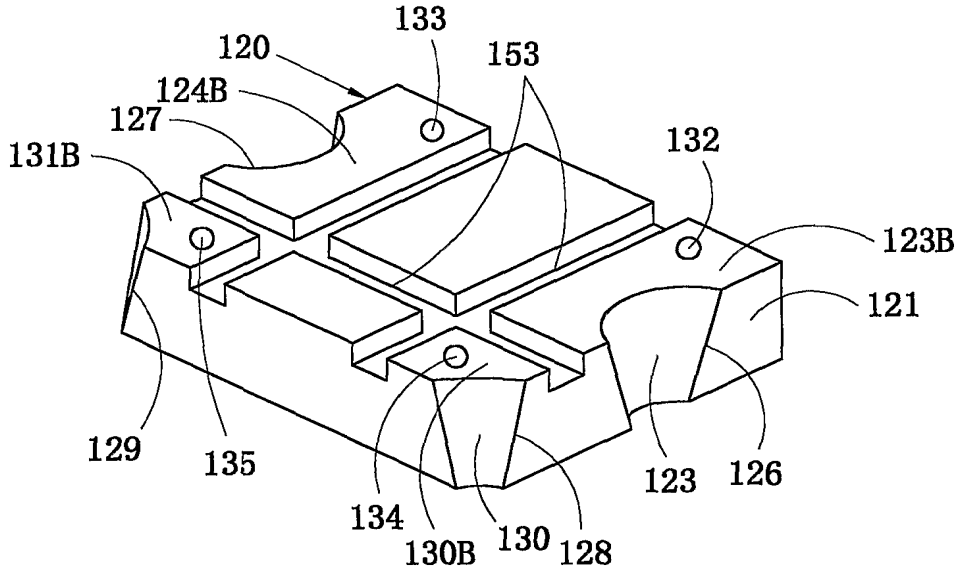




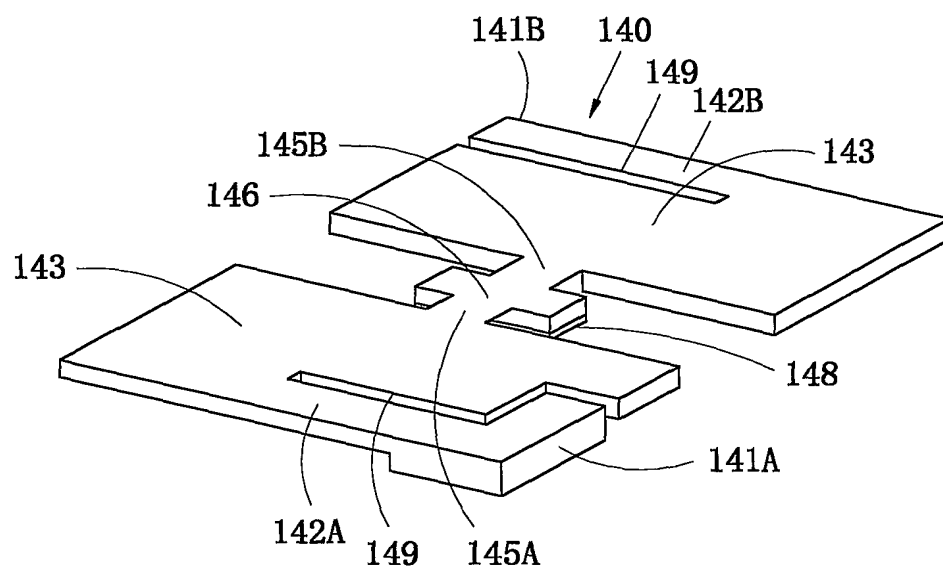
f i g . 1 4



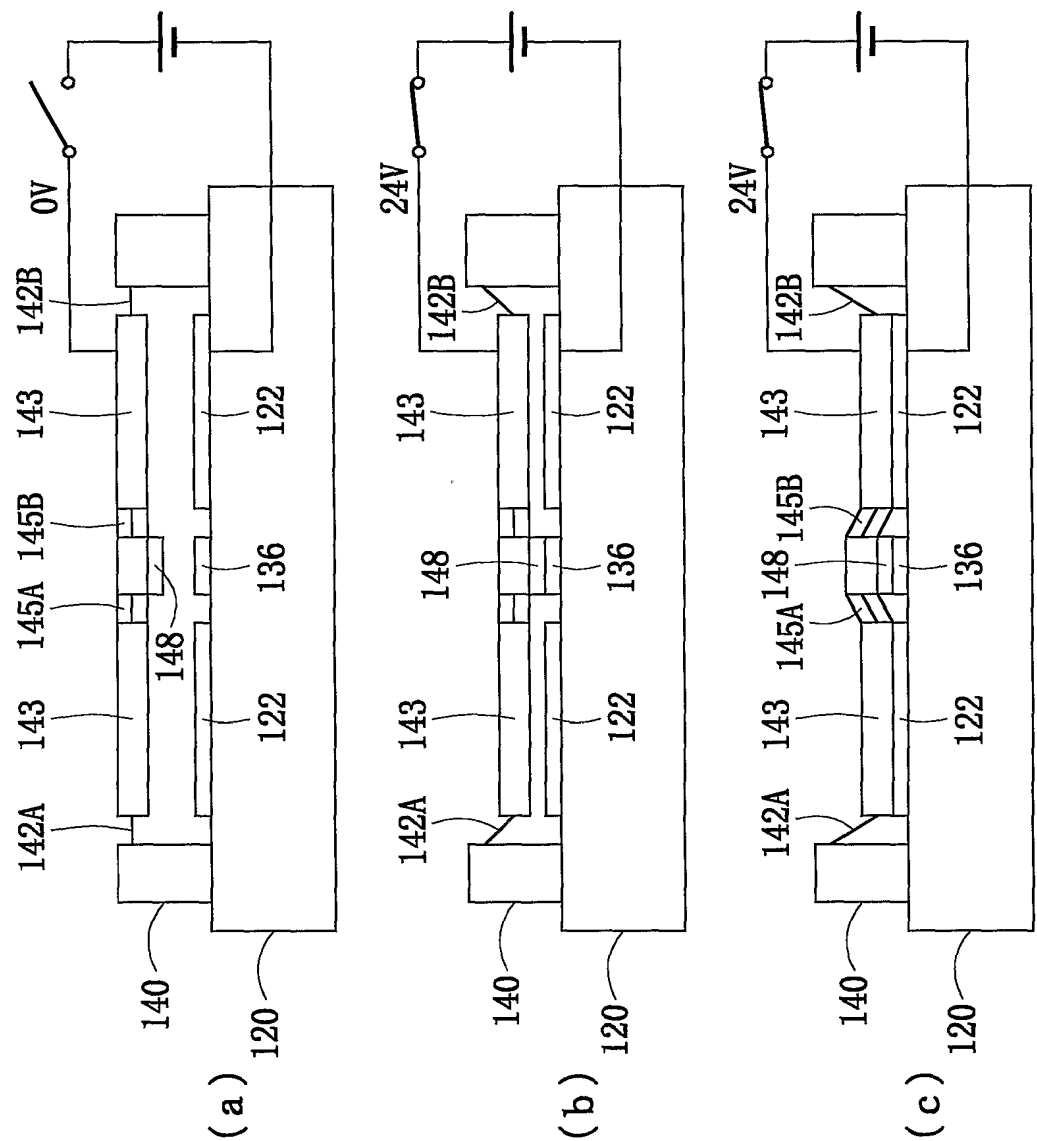
f i g . 1 5



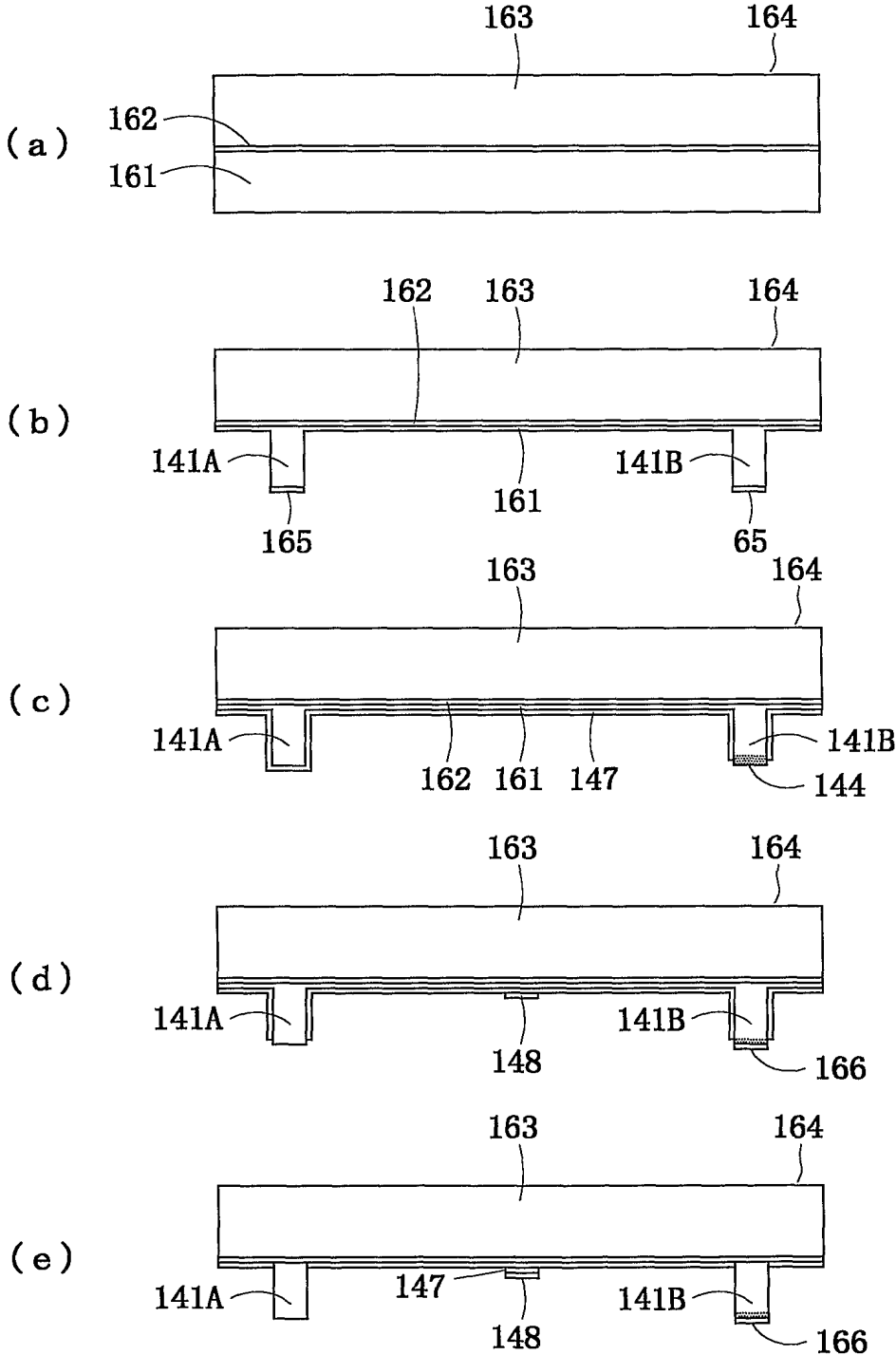
f i g . 1 6



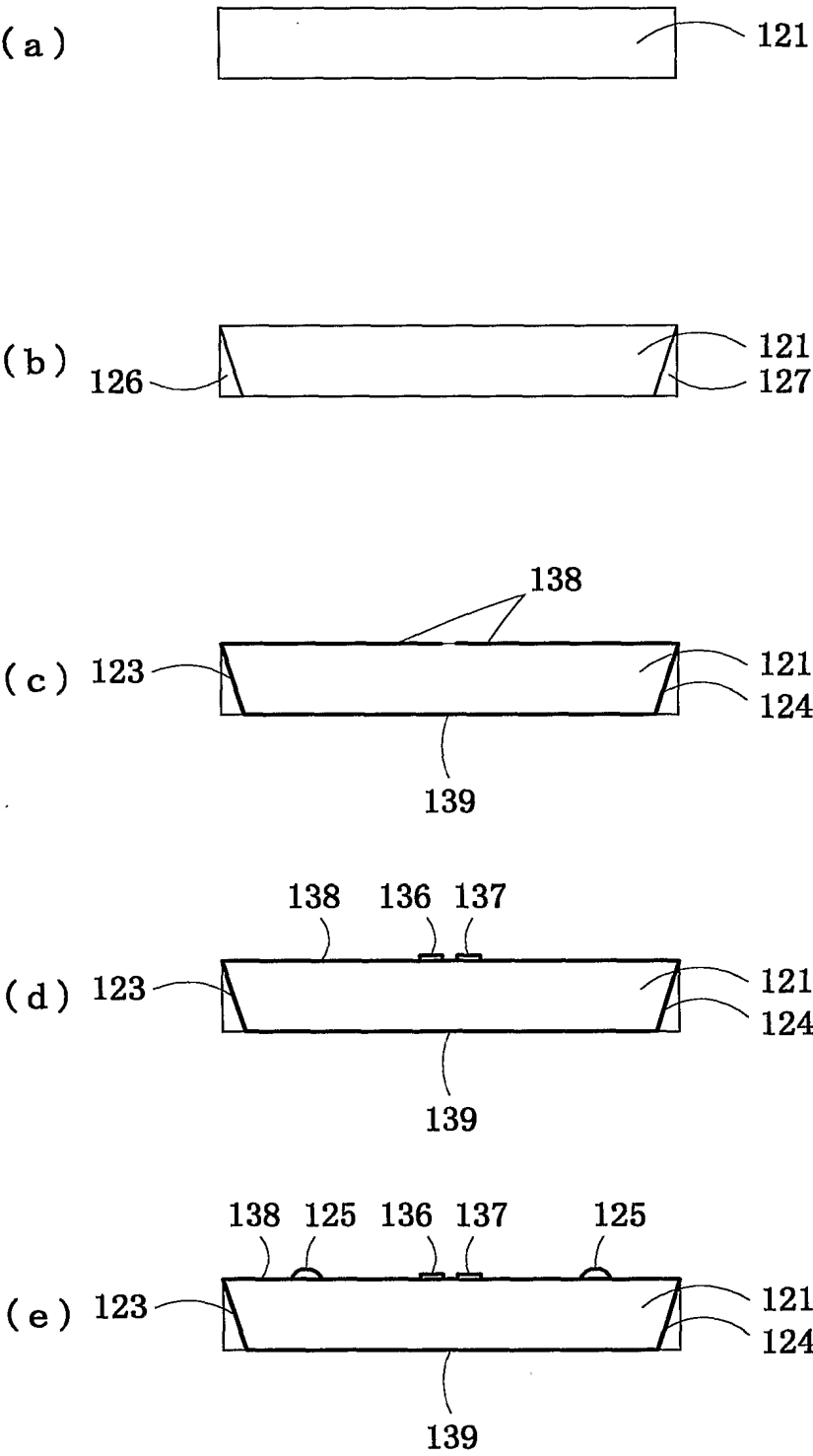
f i g . 1 7



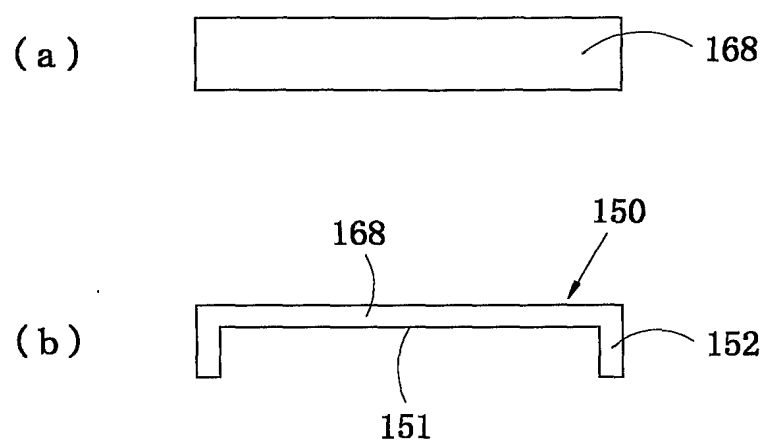
f i g . 1 8



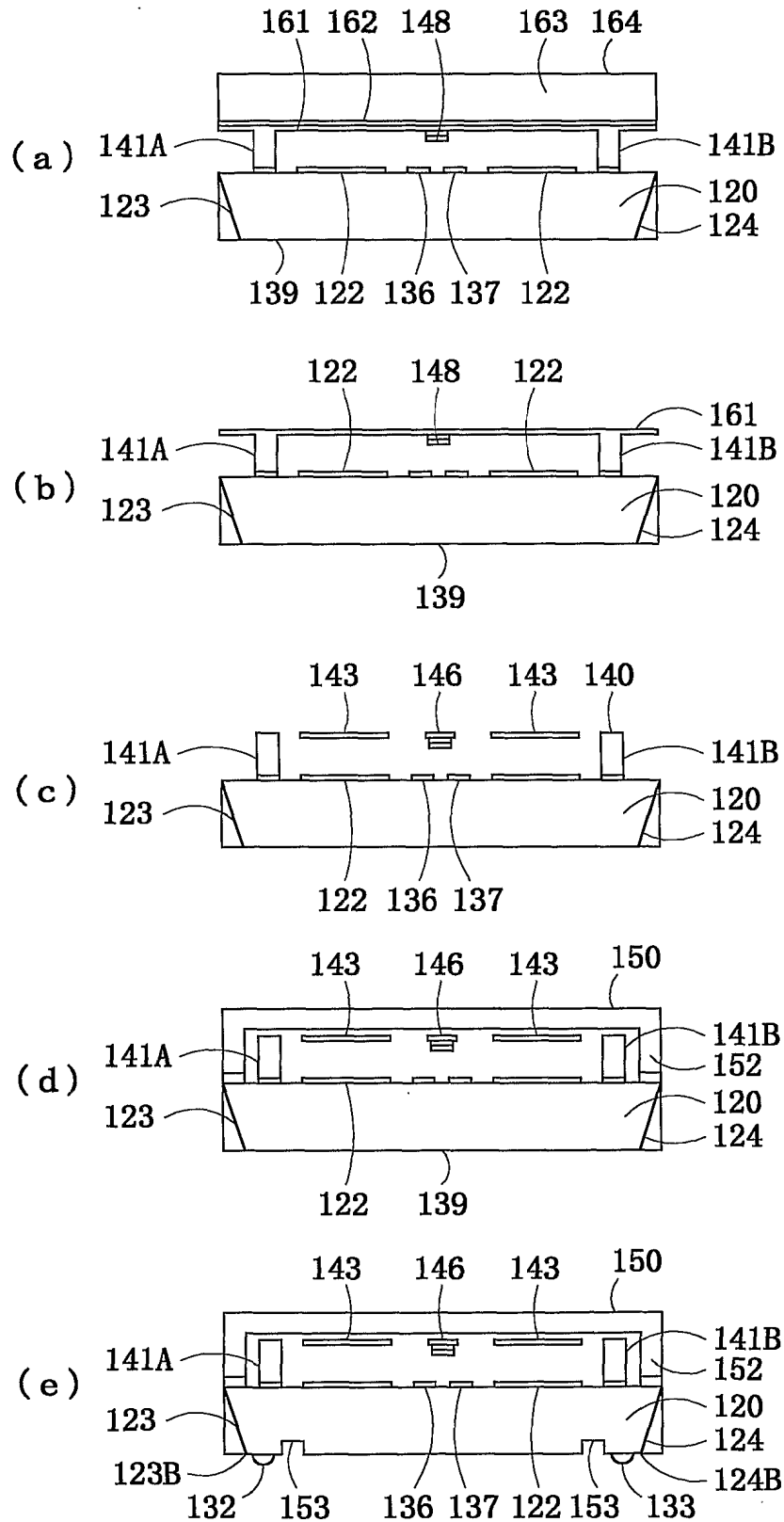
f i g . 1 9



f i g . 2 0

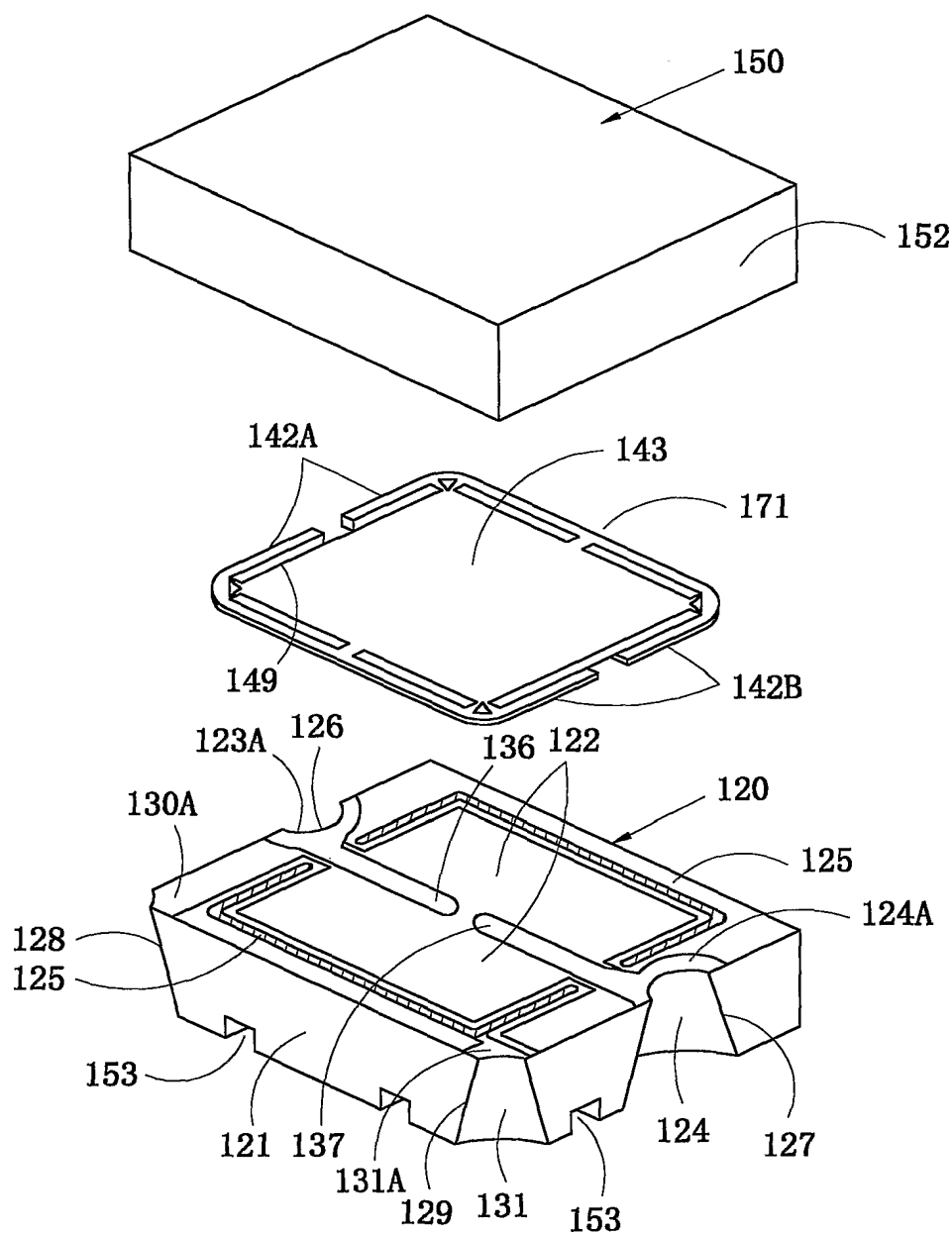


f i g . 2 1



f i g . 2 2





f i g . 2 3

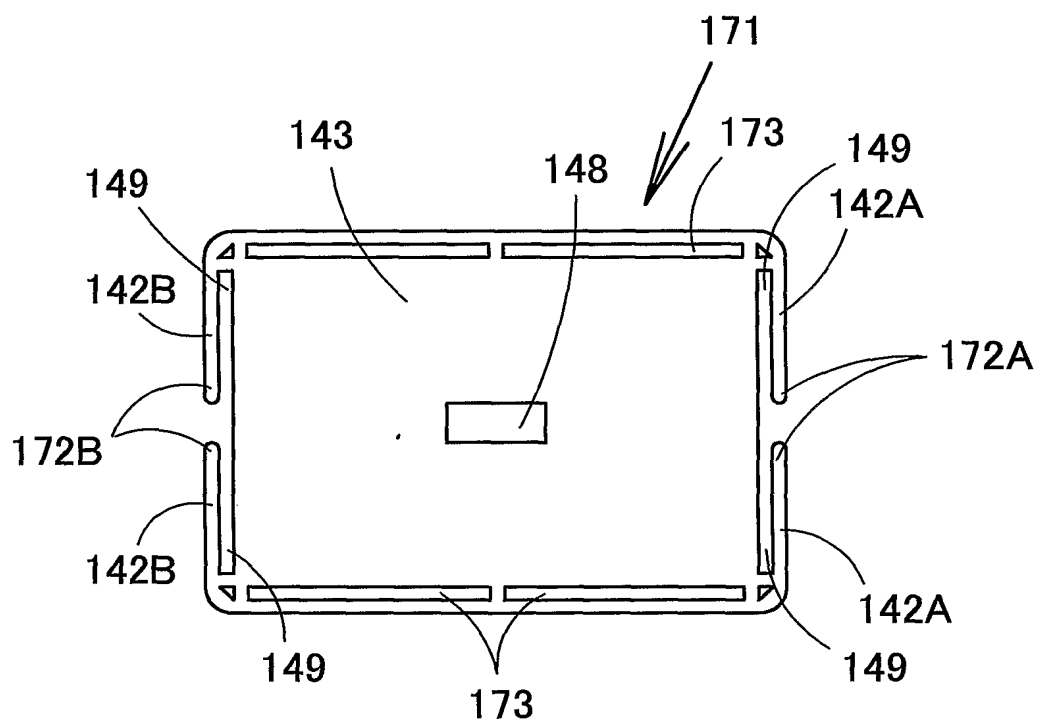


fig.24

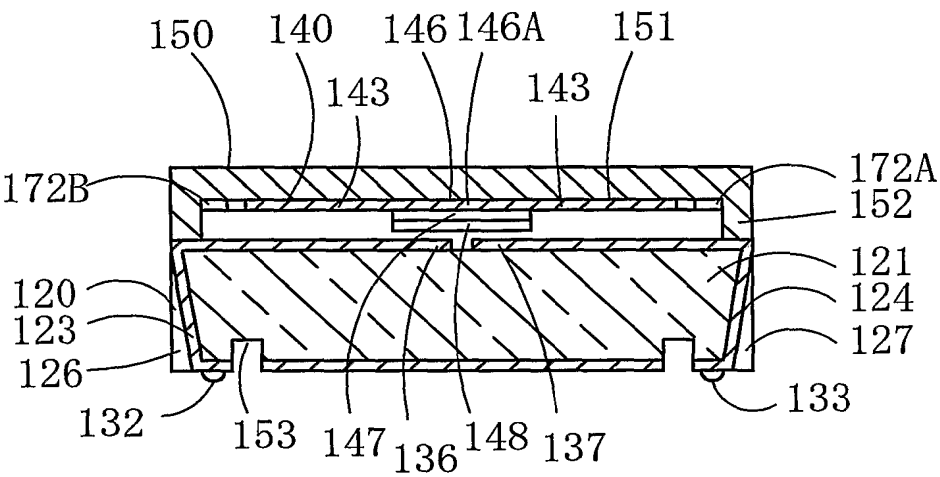


fig.25

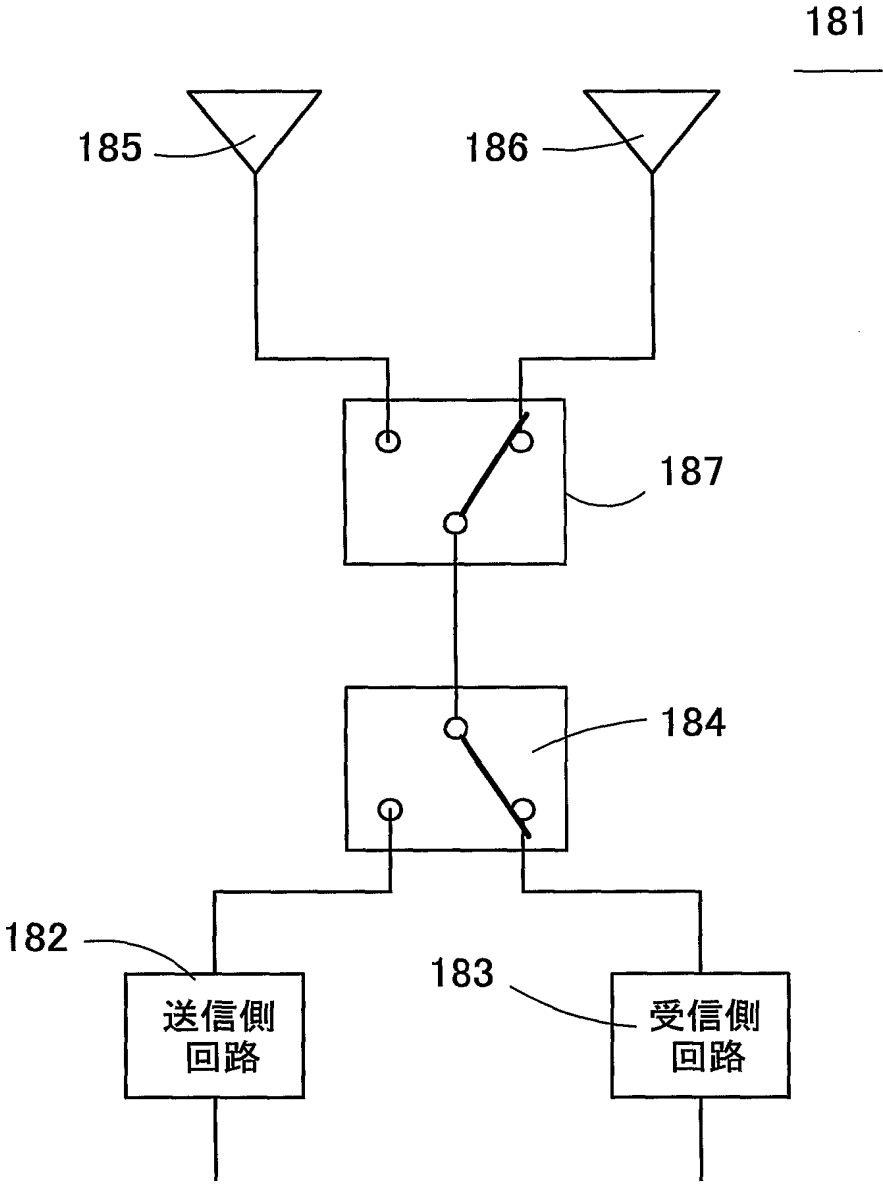
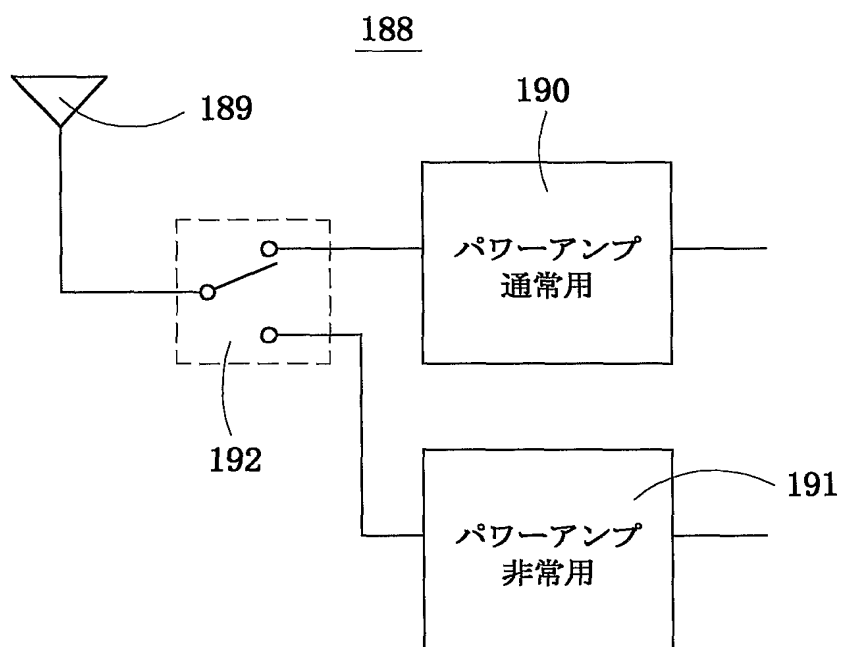


fig.26



f i g . 2 7

## 符号の説明

20	固定基板
21	シリコン基板
22	固定電極
23、24	信号線
23A、24A	固定接点
26、27、28、29	スルーホール
30、31	配線
32、33、34、35	接続バンプ
40	可動基板
42A、42B	弾性屈曲部
43	可動電極
45A、45B	弾性支持部
46	可動接点部
50	キャップ
52	ギャップ封止部
53、54	固定接点封止部
69	高周波用グランド線
120	固定基板
122	固定電極
123、124	信号線
136、137	固定接点
126、127、128、129	貫通溝
132、133、134、135	接続バンプ
136、137	固定接点
140	可動基板
143	可動電極
146	可動接点部
148	可動接点
150	キャップ
152	ギャップ封止部

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/03486

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01H 59/00, H01P 1/10, B81B 3/00, B81C 3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01H 59/00, H01P 1/10, B81B 3/00, B81C 3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 8-92116 A (Omron Corporation), 04 April, 1997 (04.04.97) (Family: none)	1, 11, 13, 15, 16
Y		17
A		2-10, 12, 14, 18, 19
X	JP 9-180616 A (Omron Corporation), 11 July, 1997 (11.07.97) (Family: none)	1, 11, 13, 15, 16
Y		17
A		2-10, 12, 14, 18, 19
X	JP 10-162713 A (Omron Corporation), 19 June, 1998 (19.06.98) (Family: none)	1, 18
Y		19
A		2-17
Y	JP 6-44883 A (Sharp Corporation), 18 February, 1994 (18.02.94) (Family: none)	17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
05 July, 2001 (05.07.01)Date of mailing of the international search report  
17 July, 2001 (17.07.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/03486

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-74717 A (NEC Corporation), 16 March, 1999 (16.03.99), & EP 887879 A1 & CA 2241375 A	19



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. <sup>7</sup> H01H 59/00 , H01P 1/10 , B81B 3/00 , B81C 3/00		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. <sup>7</sup> H01H 59/00 , H01P 1/10 , B81B 3/00 , B81C 3/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2001年 日本国登録実用新案公報 1994-2001年 日本国実用新案登録公報 1996-2001年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 9-92116 A (オムロン株式会社) 4. 4月. 1997 (04. 04. 97), (ファミリーなし)	1, 11, 13, 15, 16
Y		17
A		2-10, 12, 14, 18, 19
X	JP 9-180616 A (オムロン株式会社) 11. 7月. 1997 (11. 07. 97), (ファミリーなし)	1, 11, 13, 15, 16
Y		17
A		2-10, 12, 14, 18, 19
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 05. 07. 01	国際調査報告の発送日 17.07.01	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 岸 智章 電話番号 03-3581-1101 内線 3372	

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	JP 10-162713 A (オムロン株式会社) 19. 6 月. 1998 (19. 06. 98), (ファミリーなし)	1, 18 19 2-17
Y	JP 6-44883 A (シャープ株式会社) 18. 2月. 1 994 (18. 02. 94), (ファミリーなし)	17
Y	JP 11-74717 A (日本電気株式会社) 16. 3月. 1999 (16. 03. 99), & EP 887879 A1 & CA 2241375 A	19